ಕಾಂತಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ

ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್



ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಬೆಂಗಳೂರು

ಕಾಂತಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ

ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್

ಪ್ರಸಾರಾಂಗ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಬೆಂಗಳೂರು

Kantha Shakthi Matthu Vidyuth Shakthi : Prof. K. Seshadri Iyengar, Published by Prasaranga, Bangalore University, Bangalore pp 454 + xii 1979

Published under the Centrally Sponsored Scheme of production of books and literature in regional languages at the University level, with the assistance of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare, New Delhi.

ಪ್ರಕಾಶಕರು :

ಹೆಚ್. ಆರ್. ದಾಸೇಗೌಡ

ನಿರ್ದೇಶಕ, ಪ್ರಸಾರಾಂಗ, ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ,
ಬೆಂಗಳೂರು 560 056

ಬೆಲೆ : ರೂ. 14

ಮುದ್ರಣ :

ಅಕ್ಷರ, ಬೆಂಗಳೂರು 560 027

ಮೊದಲ ಮಾತು

ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರಸಾರಾಂಗ ಕನ್ನಡ ಮಾಧ್ಯಮದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಪೂರೈಸುವ ಸಲುವಾಗಿ ಈಗಾಗಲೇ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿ ಪ್ರಕಟಿಸಿದೆ. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯವು ಸಾರ್ವಜನಿಕರಿಗಾಗಿ ವರ್ಷಾದ್ಯಂತ 'ಏರ್ಪಡಿಸುವ ಪ್ರಚಾರೋಪನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು, ವಿಶೇಷೋಪನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಪುಸ್ತಕ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸುತ್ತಿದೆ. ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ವಿವಿಧ ಅಧ್ಯಯನ ವಿಭಾಗಗಳು ಕೈಗೊಳ್ಳುವ ವೈಯಕ್ತಿಕ, ಸಾಮೂಹಿಕ ಸಂಶೋಧನಾತ್ಮಕ ವ್ಯವಸಾಯಕ್ಕೆ ಗ್ರಂಥರೂಪದ ಅಭಿವ್ಯಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೊಡುವ ಕಾರ್ಯವೂ ನಡೆದಿದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ವಿವಿಧ ವಿಭಾಗಗಳ ಅಧ್ಯಾಪಕ ಸಂಶೋಧನಾತ್ಮಕ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಪ್ರೇರಣೆ ದೊರೆತಿದೆ. ಇದಲ್ಲದೆ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯೇತರ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಿವಿಧ ಪರಿಣತರ ಸಂಶೋಧನೆ, ಸಂಪಾದನೆ, ಪರಿಷ್ಕರಣ, ಜಾನಪದ ಅನುವಾದ ಇತ್ಯಾದಿ ನಾನಾ ಬಗೆಯ ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನು ಪ್ರಸಾರಾಂಗ ಪ್ರಕಟಿಸುತ್ತಿದೆ.

ಪ್ರೊ. ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್ ಅವರ "ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿ" ಎಂಬ ಈ ಕೃತಿಯು ಈ ದಿಕ್ಕಿನ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಕಟಣೆಯಾಗಿದೆ. ಈ ಕೃತಿಯು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವುದರಲ್ಲಿ ಯಾವ ಸಂಶಯವೂ ಇಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಕೃತಿಯನ್ನು ವಿಶೇಷ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಆಸ್ಥೆವಹಿಸಿ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಿ ನಮ್ಮ ಪ್ರಕಟಣೆಗೆ ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟ ಈ ಲೇಖಕರಿಗೆ ನನ್ನ ಅಭಿನಂದನೆಗಳು.

ತ. ರಾ. ಜಯರಾಮನ್
ಉಪಕುಲಪತಿ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ

ನಾಲ್ಕು ಮಾತು

ಕನ್ನಡ ಸಾಹಿತ್ಯವನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸುವ ಸದುದ್ದೇಶದಿಂದ ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರಸಾರಾಂಗವು ಪಠ್ಯ ಹಾಗೂ ಪಠ್ಯೇತರ ಹೊತ್ತಿಗೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಇತರ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಿದ್ಧರಾದ ವಿದ್ವಾಂಸರಿಂದ ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿ ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿದೆ. ಆಧುನಿಕ ಕನ್ನಡ ಸಾಹಿತ್ಯದ ಆವರಣಕ್ಕೆ ಅಗತ್ಯವಾದ ಹಾಗೂ ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೆ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ನೀಡಬಲ್ಲ ಸಾಹಿತ್ಯ. ಕಲೆ, ವಿಜ್ಞಾನ ತತ್ವಶಾಸ್ತ್ರ, ಚರಿತ್ರೆ, ಧರ್ಮ, ನೀತಿ, ಸಂಸ್ಕೃತಿ. ಜಾನಪದ, ಸಾಮಾಜಿಕ ಹಾಗೂ ಮಾನವಿಕಶಾಸ್ತ್ರ ಮುಂತಾದ ವಿಷಯಗಳ ಮೇಲೆ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿಯೋ, ಭಾಷಾಂತರ ಮೂಲಕವೋ ಅಥವಾ ಸಂಕಲನದ ಮೂಲಕವೋ ಸರಳ ಹಾಗೂ ಖಚಿತವಾದ ಹೊಸಗನ್ನಡ ಶೈಲಿಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸಾರಾಂಗವು ಈಗಾಗಲೇ ಅನೇಕ ಹೊತ್ತಿಗೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದೆ. ಮುಂದೆಯೂ ಇಂಥ ಹಲವಾರು ವಿಷಯಗಳ ಮೇಲೆ ಮಹತ್ತರವಾದ ಹೊತ್ತಿಗೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಬೇಕೆಂಬ ಮಹೋದ್ದೇಶವನ್ನು ಪ್ರಸಾರಾಂಗ ಹೊಂದಿದೆ.

ಪ್ರಸ್ತುತ ಕೃತಿಯು ಸನ್ಮಾನ್ಯ ಪ್ರೊ. ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್ ಅವರದು. ನಾನು ಅವರನ್ನು ಅಭಿನಂದಿಸುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಅವರ ಸಹಕಾರಕ್ಕೂ ತುಂಬಾ ಆಭಾರಿ. ಹಾಗೆಯೇ ಈ ಕೃತಿಯನ್ನು ಸಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅಂದವಾಗಿ ಮುದ್ರಿಸಿಕೊಟ್ಟ ಅಕ್ಷರ ಅವರಿಗೂ ನನ್ನ ವಂದನೆಗಳು. ಕನ್ನಡಿಗರ ಸೌಹಾರ್ದ ಸಹಕಾರಗಳಿಂದ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರಸಾರಾಂಗದ ಗ್ರಂಥಮಾಲೆಯು ಬೆಳೆಯಲೆಂದು ಆಶಿಸುತ್ತೇನೆ.

ಹೆಚ್. ಆರ್. ದಾಸೇಗೌಡ
ನಿರ್ದೇಶಕ
ಪ್ರಸಾರಾಂಗ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ

ಪ್ರಸ್ತಾವನೆ

ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಬಿ.ಎಸ್ಸಿ. ತರಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಸಹಾಯವಾಗುವಂತೆ ಬರೆಯಲಾಗಿರುವ ಪಠ್ಯ ಪುಸ್ತಕಗಳ ಮಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಪುಸ್ತಕವು ಕೊನೆಯದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈಗಾಗಲೇ ಪ್ರಕಟವಾಗಿರುವ ಐದು ಪುಸ್ತಕಗಳೊಂದಿಗೆ ಎರಡು ಪುಸ್ತಕಗಳು ಇನ್ನೂ ಅಚ್ಚಿನಲ್ಲಿವೆ. ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ''ಕಾಂತಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿ"ಯ ವಿಭಾಗವು ಪಠ್ಯಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಎಲ್ಲ ಶಾಖೆಗಳನ್ನು ಪೂರ್ತಿಗೊಳಿಸುವಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ವಿಚಾರಮಾಡಲಾಗಿರುವ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಬಿ.ಎಸ್ಸಿ. ಪರೀಕ್ಷೆಯ ಎರಡನೆ ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯ ವರ್ಷಗಳ ಈಗಿನ ಪಠ್ಯಕ್ರಮಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿಯೇ ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಎಲ್ಲ ಶಾಖೆಗಳಿಗೂ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧವು ಅನಿವಾರ್ಯವಾದರೂ, ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ''ಕಾಂತಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿ"ಯ ವಿಭಾಗವು ಮಹತ್ವಪೂರಿತವಾಗಿದ್ದು ಉಳಿದ ಶಾಖೆಗಳಿಗೆ ಮೂಲಭೂತವಾದ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಒದಗಿಸಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಈಗಿನ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿರುವ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೇ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣಗಳು ಭಾಗವಹಿಸುವುದರಿಂದ, ಅವುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳ ಜ್ಞಾನವು ವಸ್ತುವಿನ ಎಲ್ಲ ಭೌತ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೂ ಆಧಾರಭೂತವಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ "ಕಾಂತಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ'' ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನು ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಒಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಈ ಮೂಲಭೂತ ಜ್ಞಾನವೇ ಮುಂದಿನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ತಳಹದಿಯೆಂದೂ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಇದರ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯನ್ನು ಅರಿಯಲು ಸಹಾಯವಾಗುವಂತೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ವಿಷಯ ಗ್ರಹಣದ ಮೇಲೆ ಗಮನವನ್ನಿಟ್ಟು ವಿಷಯಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಇಂದಿನ ಶಿಕ್ಷಣ ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವನ್ನು ಕೊಡಬೇಕಾದುದು ಆವಶ್ಯಕ. ಇದನ್ನು ಅರಿತು ಇತ್ತೀಚಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರೈಮರಿ ತರಗತಿಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಬಾಲಕಬಾಲಕಿಯರಿಗೆ "ವಿಜ್ಞಾನ" ದ ವಿಷಯವಾಗಿ ಪಠ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸ ಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಇದು ಸಂತಸದ ಸುದ್ದಿಯೇ ಹೌದು. ಆದರೂ, ವಿಜ್ಞಾನದ ಶಿಕ್ಷಣವು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಬೇಕಾದರೆ, ವಿಜ್ಞಾನವು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿರುವ ಹಾದಿಯನ್ನು ಅನು ಸರಿಸಬೇಕು. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕುತೂಹಲಪೂರ್ವಕವಾದ ಮನೋ ಭಾವವನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಮಾಡಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ನುರಿತ ಅಧ್ಯಾಪಕರೂ, ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶವೂ ಬಹಳ ಆವಶ್ಯಕವಾದುವು. ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಗತಿಯು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆಯೇ ನಿಂತಿರುವುದರಿಂದ, ಅವುಗಳಿಂದ ಪ್ರಯೋಜನಗಳನ್ನು ಪಡೆ ಯಲು ಎಲ್ಲ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೂ ಅವಕಾಶವಿದ್ದೇ ಇರಬೇಕು. ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡುವಾಗಲೇ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಮರ್ಮಗಳನ್ನು ಸ್ವತಃ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ವಿಚಾರಪೂರ್ವಕವಾದ ಮನೋಭಾವವನ್ನು ಹೊಂದಲು ಹುರುಪು ಮತ್ತು ಉತ್ಸಾಹಗಳು ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಇಂದು ಕಾಣುತ್ತಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ನಾವು ಇನ್ನೂ ಎಷ್ಟು ಹಿಂದು- ಳಿದಿದ್ದೇವೆ ಎಂದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಕಾಲೇಜುಗಳಲ್ಲಿ ಅಭ್ಯಾಸ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಆವಶ್ಯಕವಾಗಿ ಬೇಕಾಗಿರುವ ಸುಸಜ್ಜಿತ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿಲ್ಲ. ಆದರಲ್ಲಿಯೂ, ಈಗ ಹೊಸದಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿರುವ ಕಾಲೇಜುಗಳ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಶೋಚನೀಯವಾದುದು. ನುರಿತ ಅಧ್ಯಾಪಕರ ಅಭಾವವೂ, ಕಟ್ಟಡಗಳ ಮತ್ತು ಸುಸಜ್ಜಿತ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳ ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಉಪಕರಣಗಳ ಶೂನ್ಯತೆಯೂ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಶಿಕ್ಷಣದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಇಳಿಸಲು ಕಾರಣವಾಗುತ್ತವೆ. ಹಲವಾರು ಪ್ರಮುಖ ಪ್ರಯೋಗಗಳೆಲ್ಲವೂ ಕೇವಲ ಕಪ್ಪುಹಲಗೆಯ ಮೇಲೆಯೇ ವಿವರಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಅವುಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ವೈಯಕ್ತಿಕ ವಾಗಿ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತಿಲ್ಲ. ಇದರಿಂದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಮನೋಭಾವದಲ್ಲಿಯೇ ಒಂದು ಔದಾಸೀನ್ಯವೂ, ನಿರುತ್ಸಾಹವೂ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದು ಸಹಜವಾದುದು. ಈ ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಲು ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಮಾರ್ಗಗಳಿವೆ. ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾ- ಲಯಗಳಿಗೆ ಪ್ರವೇಶವು ಈಗಿರುವಂತೆ ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿರದೆ ಅವುಗಳಿಂದ ನಿಜ ವಾದ ಉಪಯೋಗಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಾಕಷ್ಟು ಅರ್ಹತೆಯುಳ್ಳವರಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಸೀಮಿತವಾಗಿರಬೇಕು. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ಕಾಲೇಜುಗಳಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಲಕರಣೆಗಳೂ, ಪರಿಣತರಾದ ಉಪಾಧ್ಯಾಯರ ನೆರವೂ ಆವಶ್ಯಕ ವಾಗಿ ಇರಬೇಕು. ಮೊದಲನೆಯ ಡಿಗ್ರಿ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿಯೇ ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸವನ್ನು ಮುಗಿಸುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ನಿಜವಾದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮನೋಭಾವವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸ

ಬೇಕು. ಮೇಲ್ಮಟ್ಟದ ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸವನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಲು ಅರ್ಹತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವರ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಹೊಣೆಗಾರಿಕೆಯು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾದುದು. ನುರಿತ ಪಂಡಿತರನ್ನು ತಯಾರು ಮಾಡುವುದಲ್ಲದೆ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಮಾಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಎಲ್ಲ ವಿಧವಾದ ಅವಕಾಶಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕು. ಇದರಲ್ಲಿ ಹಣಕಾಸಿನ ಕೊರತೆಗಳು ಅಡ್ಡಿಯಾಗಬಾರದು. ನಮ್ಮ ದೇಶದಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಮಟ್ಟವು ಉಳಿದ ಯಾವ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತಲೂ ಕಡಮೆ ಇಲ್ಲ ಎಂಬುದು ಈಚಿನ ಪ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿಯೂ, ನಮ್ಮ ಯುವಕರು ಮಾಡಿರುವ ಸಾಧನೆಗಳು ಮುಂದುವರೆದ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಹೆಸರನ್ನು ತಂದಿದೆ. ಆದುದರಿಂದ, ನಾವು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಉನ್ನತ ಮಟ್ಟದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಶಿಕ್ಷಣಕ್ಕೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವನ್ನು ಕೊಡಲೇಬೇಕು.

ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಅಂಶಗಳು ಲೇಖಕನು ಮೂರು ದಶಕಗಳಿಗಿಂತ ಮೇಲ್ಪಟ್ಟು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಅಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿಯೂ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಸಂಪರ್ಕದಿಂದಲೂ ಪಡೆದ ಅನುಭವದಿಂದ ಕಂಡುಬಂದವಾದ್ದರಿಂದ ಅನುಚಿತವಾಗಲಾರದೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿದೆ. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ದೇಶವು ಮುಂದುವರಿದ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳೊಂದಿಗೆ ಮುಂದುವರಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಉನ್ನತ ಮಟ್ಟದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಮೂಲಕವೇ ಎಂದು ಅರಿಯಬೇಕು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ವಿಶ್ವ-ವಿದ್ಯಾಲಯ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಅಭ್ಯಾಸ ಮಾಡುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಆವಶ್ಯಕವಾಗಿ ಬೇಕಾಗಿರುವ ತಳಹದಿಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದರೆ, ಈ ದೇಶದ ಭವಿಷ್ಯವು ಉಜ್ವಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ವಿಷಯಗ್ರಹಣಕ್ಕೆ ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಯ ಮಾಧ್ಯಮವು ಆವಶ್ಯಕವೆಂದು ಅರಿತು ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವು ಅನೇಕ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಂಡಿದೆ. ಇವುಗಳ ಅಂಗವಾಗಿ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳ ಅಭಾವದ ಕೊರತೆಯನ್ನು ಕಡಮೆ ಮಾಡಲು ವಿಶೇಷ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಿವೆ. ಇವುಗಳ ಅಂಗವಾಗಿಯೇ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಲೇಖಕನಿಗೆ ಒದಗಿಸುತ್ತಿರುವ ಅವಕಾಶದ ಫಲವಾಗಿ ಬಿ.ಎಸ್ಸಿ. ತರಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ಅಭ್ಯಾಸ ಮಾಡುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧವಾಗಿ ಬರೆದಿರುವ ಸಹಾಯಕ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳ ಮಾಲೆಯು ಇದರೊಂದಿಗೆ ಪೂರ್ಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಉಪ-ಯೋಗಗಳನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗಾದರೂ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳೂ, ಅಧ್ಯಾಪಕರೂ ಪಡೆಯುವಂತಾದರೆ ಲೇಖಕ ಧನ್ಯನಾಗುತ್ತಾನೆ.

ಇದುವರೆವಿಗೂ, ಎಲ್ಲ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸೂಕ್ತ ಮಾರ್ಗದರ್ಶನವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತಿರುವ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿಭಾಗದ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರೂ

ಮತ್ತು ಮುಖ್ಯಸ್ಥರಾದ ಡಾ॥ ಕೆ. ಎನ್. ಕುಚೇಲ ಅವರಿಗೆ ನಾನು ಕೃತಜ್ಞನಾಗಿದ್ದೇನೆ. ಹಾಗೂ ಪ್ರಸಾರಾಂಗದ ಉಪನಿರ್ದೇಶಕ ಶ್ರೀ ಕೆ. ಸಿ. ಶಿವಪ್ಪನವರು ತೋರಿಸುತ್ತಿರುವ ಉತ್ಸಾಹಪೂರಿತವಾದ ಸಹಕಾರಕ್ಕಾಗಿ ಅವರಿಗೆ ಧನ್ಯವಾದಗಳನ್ನು ಅರ್ಪಿಸುತ್ತೇನೆ.

ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕನ್ನಡ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸುತ್ತಿರುವ ಈ ಪ್ರಥಮ ಉದ್ಯಮಗಳಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ದೋಷಗಳು ಕಂಡುಬರುವುದು ಸಹಜ. ಅವುಗಳನ್ನು ತೋರ್ಪಡಿಸಿ, ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಲು ಅವಕಾಶವನ್ನೀಯುವ ಮಹನೀಯರಿಗೆ ಲೇಖಕ ಕೃತಜ್ಞನಾಗಿರುತ್ತಾನೆ.

ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್

ಪರಿವಿಡಿ

1. ಪೀಠಿಕಾ ಪ್ರಕರಣ

1.1 ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ವಸ್ತುಗಳು

ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯ ವಿಭಾಗವು ಪ್ರಮುಖ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಇದರ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ, ದ್ಯುತಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ರಚನೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಅರಿಯಲು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಸಹಾಯವಾಗಿದೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಕಾಂತಶಕ್ತಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ಉಪಯೋಗಗಳು ನಮ್ಮ ನಿತ್ಯಜೀವನದಲ್ಲಿಯೂ ವಿಶಾಲವಾದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಡೈನಮೋ, ವಿದ್ಯುತ್-ಮೋಟಾರ್, ಟೆಲಿಫೋನ್ ಮುಂತಾದ ಹಲವಾರು ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಉದಹರಿಸಬಹುದು.

ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಹಳ ಪುರಾತನವಾದುದೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಸುಮಾರು 2400 ಕ್ರಿ.ಪೂ. ಅಂದರೆ, ನಾಲ್ಕು ಸಾವಿರ ವರ್ಷಗಳಿಗಿಂತ ಹಿಂದೆಯೇ, ಚೀನೀಯರು, ಕೆಲವು ಕಬ್ಬಿಣ ಅದರು ವಿಶೇಷಗಳಿಗೆ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕಬ್ಬಿಣದ ಚೂರುಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಣೆ ಮಾಡುವ ವಿಶೇಷ ಗುಣವಿರುವುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದರು. ಇಂಥ ಅದರುಗಳಿಗೆ 'ಅಯಃಸಿಂದೂರ' (lodestone) ಎಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟರು. ಇವುಗಳ ಮಾರ್ಗದರ್ಶಕ ಗುಣಗಳನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ನಾವಿಕರು ಸಹಾಯ ಪಡೆಯುತ್ತಿದ್ದರು.

ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೇ ಆಕರ್ಷಕಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಬ್ಬಿಣ ಅದರು ವಿಶೇಷದ ರಾಸಾಯನಿಕ ರಚನೆಯನ್ನು Fe_3O_4 ಎಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. ಇವುಗಳ ಮುಖ್ಯ ಗುಣಗಳು ಎರಡು : (i) ಕಬ್ಬಿಣ ತುಂಡುಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುವ ಶಕ್ತಿ. (ii) ಇವುಗಳನ್ನು ತೂಗುಬಿಟ್ಟಾಗ, ಅವುಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ದಕ್ಷಿಣೋತ್ತರವಾಗಿ ನಿಲ್ಲುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಎರಡನೆಯ ಮಾರ್ಗದರ್ಶಕ ಗುಣವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಸೂಜಿಗಲ್ಲು (compass-needle) ಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿ, ನಾವಿಕರು ಸಮುದ್ರಯಾನವನ್ನು ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

1.2 ಕೃತಕ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ವಸ್ತುಗಳು

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಅದರುಗಳು ಹಲವು ಭೂಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಸಿಕೊಂಡಿವೆ. ಇಂಥ ಶಿಲೆಗಳನ್ನು

ನಾರ್ವೆ, ಸ್ವೀಡನ್, ಯೂರಲ್ ಪರ್ವತಗಳು ಮತ್ತು ಏಷ್ಯ ಮೈನರ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಿದೆ. ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೃತಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಸ್ಟೀಲ್ ಮತ್ತು ಇತರ ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳಿಂದ ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಅಯಸ್ಕಾಂತ (magnet) ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಹೀಗೆ ಕೃತಕವಾಗಿ ನಿರ್ಮಿತವಾದ ಕಾಂತಗಳಿಗೂ ಸ್ವಾಭಾವಿಕಕಾಂತಗಳಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ ಆಕರ್ಷಕಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮಾರ್ಗದರ್ಶನ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯ ಗುಣಗಳಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

ಈ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ವಿಧಾನ. ಗಟ್ಟಿ ಸ್ಟೀಲ್ ಲೋಹದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ತುಂಡುಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯು ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಉಳಿಯುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು ಶಾಶ್ವತಕಾಂತ (permanent magnet) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುವುದುಂಟು. ಈ ಕಾಂತಗಳು ಹಲವಾರು ಆಕೃತಿಗಳಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಆಯಾ-ಕೃತಿ, ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿ, ಕುದುರೆ ಲಾಳದ ಆಕೃತಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತ (electro) magnet) ಗಳು ಮುಖ್ಯವಾದವು. ಹೀಗೆ ಕೃತಕವಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಗುಣಗಳು ಗಣನೀಯವಾಗಿವೆ : (i) ಕಾಂತಗಳ ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕಬ್ಬಿಣ ತುಂಡುಗಳು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಆ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಒತ್ತಾಗಿ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. (ii) ಈ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನು ಧ್ರುವ(pole) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಅಯಸ್ಕಾಂತವನ್ನು ತೂಗುಹಾಕಿದರೂ, ಅದು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿ ನಿಲ್ಲುವಾಗ ಅದರ ಅಕ್ಷವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಭೌಗೋಳಿಕ ಉತ್ತರ ದಿಕ್ಕಿನ ಕಡೆ ಇರುವ ತುದಿಯನ್ನು ಉತ್ತರ ಧ್ರುವ ವೆಂದೂ ಮತ್ತೊಂದು ತುದಿಯನ್ನು ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವವೆಂದೂ ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ದಿಕ್‌ದರ್ಶನ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯು ಎಲ್ಲ ಕಾಂತಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಒಂದೊಂದು ಕಾಂತದ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನೂ ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಉತ್ತರ ಮತ್ತು ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವಗಳೆಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು. (iii) ಒಂದೊಂದು ಕಾಂತದ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ(magnetic field) ವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇವರ ಕಾರಣದಿಂದ ಕಾಂತ ಬಲಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಸಮಾನ ಧ್ರುವಗಳ (N,N ಅಥವಾ S,S) ನಡುವೆ ವಿಕರ್ಷಣವೂ, ವಿರೋಧ ಧ್ರುವ (N,S) ಗಳ ನಡುವೆ ಆಕರ್ಷಣೆಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. (iv) ಕಾಂತಗಳ ದಿಕ್‌ದರ್ಶನ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗೆ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣ ವೇನೆಂದರೆ, ಭೂಮಿಯೇ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಕಾಂತದಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ ಅದು ತನ್ನದೇ ಆದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ವಿಷಯಗಳ ಅಧ್ಯಯನವನ್ನು ಮಾಡಿದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಲ್ಲಿ ರಾಬರ್ಟ್ ನಾರ್ಮನ್ ಗಿಲ್ಬರ್ಟ್, ಗೌಸ್ ಬೋರ್ಡ್ ಮುಂತಾದ ಹೆಸರುಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಬಹುದು.

1.3 ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು

ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ ಅವುಗಳ ಕಾಂತತ್ವ ಗುಣಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, ಮೂರು ಗುಂಪುಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಲಾಗಿದೆ. 1845 ರಲ್ಲಿ ಫ್ಯಾರಡೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಪ್ರಕಾರ, ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳೂ ಹೆಚ್ಚು ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಯಸ್ಕಾಂತವ ಕಾಂತತ್ವ ಗುಣಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ : (i) ಅಯಸ್ಕಾಂತೀಯ (ferro-magnetic) ವಸ್ತುಗಳು ಬಹಳ ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕಬ್ಬಿಣ ಕೊಬಾಲ್ಟ್ ಮತ್ತು ನಿಕ್ಕಲ್ ಪ್ರಮುಖವಾದುವು. (ii) ಅನುಕಾಂತೀಯ (para-magnetic) ಇವುಗಳು ಅತಿ ದುರ್ಬಲವಾಗಿ ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರವೂ, ಪ್ರೇರಕ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ದುರ್ಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಂದ ಪ್ರಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಗೆ ಎಳೆಯಲ್ಪಡುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯೂ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಪ್ಲಾಟಿನಂ, ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ, ಸಾರಜನಕ, ಗಾಳಿ ಮುಂತಾದುವುಗಳನ್ನು ಈ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. (iii) ಅಡ್ಡ ಕಾಂತೀಯ (dia-magnetic) – ಈ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಗಾಜು, ಕಲ್ಲುಪ್ಪು, ಬಿಸ್ಮತ್, ಬೆಳ್ಳಿ, ಜಲಜನಕ ಮುಂತಾದುವುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಬಹುದು. ಈ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕು ಪ್ರೇರಕ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಕಾಂತತ್ವವು ಉಂಟಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಅದರ ರಚನೆಯು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿರಬೇಕು ಎಂಬ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಇವೆ. ವೀಬರ್ ಮತ್ತು ಯೂಯಿಂಗ್ ಅವರ, ಒಂದೊಂದು ವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಅಣುಗಳು ಇರಬೇಕು ಎಂಬ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ಒಂದೊಂದು ಅಣುವೂ ಕೂಡ ಉತ್ತರ ಮತ್ತು ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ಅತ್ಯಂತ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಅಯಸ್ಕಾಂತದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಅಣುಗಳೆಲ್ಲವೂ (molecules) ಒಂದು ಕ್ರಮವಿಲ್ಲದೆ ಯದ್ವಾ ತದ್ವಾ (hap-hazard) ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಣೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದು ಆ ವಸ್ತುವು ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದದೆ ಇರುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಕಾಂತ ಬಲದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿಸಿದರೆ, ಈ ಕಾಂತೀಕರಣ (magnetisation)ದ ಪರಿಣಾಮ ವೇನೆಂದರೆ : ವಿವಿಧ ಅಣುಗಳ ಜೋಡಣೆ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಶಿಸ್ತು ಏರ್ಪಟ್ಟು, ಸಮಾನ ಧ್ರುವಗಳೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನ ಕಡೆಗೆ ತಿರುಗುತ್ತವೆ. ಬಾಹ್ಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಅಣು ಕಾಂತಗಳೂ ಒಂದು ಕ್ಯೂ(queue) ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಈ ತತ್ತ್ವದಿಂದ ಕಾಂತತ್ವಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರಕುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಈ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಕಾಂತತ್ವದ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಹೇಗೆ ಬರುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಆದ್ದರಿಂದ, ಕಾಂತತ್ವಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಎಲ್ಲ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೂ ಸೂಕ್ತವಾದ ಸ್ಪಷ್ಟೀಕರಣ ಬೇಕಾದರೆ, ನಾವು ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನೇ ಮೊರೆಹೋಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೂ, ಆದರ ತೂಕಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಬೀಜ(nucleus)ವು ಇರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿ (ಪರಮಾಣು ಪ್ರಪಂಚದ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಲ್ಲಿ) ಗೊತ್ತಾದ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿವೆ. ಈ ಪಥಗಳು ವರ್ತುಲಾಕಾರ ಅಥವಾ ದೀರ್ಘವೃತ್ತದ ಆಕಾರದಲ್ಲಿರಬಹುದು. ಹೀಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಕಣಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಒಂದು ಕಾಂತತ್ವದ ಲಕ್ಷಣವು ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಇದು ಒಂದು ಅತಿ ಮುಖ್ಯ ಭೌತ ವಿದ್ಯಮಾನ. ಚಲಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿಂದ ಕಾಂತತ್ವವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಂತತ್ವದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿಯೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತಶಕ್ತಿಗಳಿಗಿರುವ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇವೆರಡನ್ನೂ ಒಂದೇ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವದ ಎರಡು ಮುಖಗಳೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಒಂದೊಂದರಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ಚಲನವು ಅತಿ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣವಾಗಿರಬೇಕು. ಅಂದ ಮೇಲೆ, ವಸ್ತುವಿನ ಕಾಂತತ್ವಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣವು ಅದರ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನವೇ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಚಲನಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು ಅವುಗಳು ಕೇಂದ್ರದ ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಚಲನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದಲೂ. ಮತ್ತೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ತಮ್ಮ ಅಕ್ಷಗಳ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಣ(spinning about their axes) ಮಾಡುವುದರಿಂದಲೂ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಂದಕ್ಕೂ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವ (magnetic moment)ವು ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಮಹತ್ವಗಳು ಸದಿಶ (vector) ವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅವುಗಳ ಸಂಯುಕ್ತ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಅವುಗಳ ಪ್ರಮಾಣ ಮತ್ತು ದಿಕ್ಕುಗಳನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿ ಇಡಬೇಕಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿದರೆ, ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುಹ ಫಲಿತ ಕಾಂತ ಬಲವು ಬಹಳ ಪ್ರಬಲವಾಗಿಯೋ, ದುರ್ಬಲವಾಗಿಯೋ ಅಥವಾ ಶೂನ್ಯವಾಗಿಯೋ ಆಗಬಹುದು. ಇದರಿಂದಲೇ. ಆಯಾ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ, ಅಯಸ್ಕಾಂತೀಯ, ಅನುಕಾಂತೀಯ ಅಥವಾ ಅಡ್ಡ ಕಾಂತೀಯ ಗುಂಪುಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. ಇಂಥ ವಸ್ತುಗಳು ಬಾಹ್ಯಕಾಂತ

ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಹೇಗೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯ ಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶದೀಕರಿಸಲಾಗುವುದು.

ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಕಾಂತತ್ವದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಅದರ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನೆಯ ಪರಿಣಾಮದೊಂದಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತತ್ವದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಿದ್ದರೂ, ಅವು ಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಪರಿ-ಣಾಮವೇ ಎಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ.

1.4 ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ

ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಪ್ರಧಾನ ಗುಣ ವಿಶೇಷ ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿದೆ. ಹಾಗೆಯೇ, ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ (electric charge)ವೂ ವಸ್ತು ವಿನಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಪ್ರಧಾನ ಅಂಗ.

ಕ್ರಿ.ಶ. 1600 ರಲ್ಲಿ ಡಬ್ಲ್ಯು. ಗಿಲ್ಬರ್ಟ್ ಮಾಡಿದ ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನಮಗೆ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಸ್ಥಿರ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ (static electricity) ಯ ಅರಿವು ಉಂಟಾಯಿತೆಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಸರಳನ್ನು ರೇಷ್ಮೆಬಟ್ಟೆಯಿಂದ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಉಜ್ಜಿದರೆ, ಈ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳೂ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕಾಗದ ಚೂರುಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುವುದು ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಒಂದು ವಲ್ಕನೈಟ್ ಸರಳನ್ನು ಉಣ್ಣೆಯ ಬಟ್ಟೆಯಿಂದ ಉಜ್ಜಿದರೂ ಕೂಡ, ಅದೂ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕಾಗದ ತುಂಡು ಗಳನ್ನೋ ಬೆಂಡಿನ ಚೆಂಡನ್ನೋ ಆಕರ್ಷಣೆ ಮಾಡುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಸ್ತುಗಳ ಗುಣಗಳನ್ನು ಸೂಚಿ ಸಲು ಅವುಗಳು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ (electrification) ವಾಗುವುದೆಂದು ಹೇಳ ಲಾಯಿತು. ಕಾರೂಬಾಮಣಿ (amber) ಯ ವಸ್ತುವನ್ನು ಉಜ್ಜುವುದರಿಂದಲೂ ಇದೇ ಆಕರ್ಷಕ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದರಿಂದಲೂ, ಈ ವಸ್ತುವಿನ ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಯ ಸಮಾನ ಪದವು 'ಎಲೆಕ್ಟ್ರೋನ್' ಆಗಿದ್ದುದರಿಂದಲೂ, ಈ ಶಕ್ತಿಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ (electricity) ಯೆಂದು ಹೆಸರಿಸಲಾಯಿತೆಂದೂ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ.

ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಲ್ಲಿ ಗಾಜಿನ ಸರಳು ಮತ್ತು ಎಬನೈಟ್ ಸರಳುಗಳು ಘರ್ಷಣದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತಗಳಾದರೂ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಅದೇನೆಂದರೆ, ಈ ಎರಡು ಸರಳುಗಳೂ ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್

ಪೂರಿತ ಗಾಜಿನ ಸರಳುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ವಿಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ಗಾಜಿನ ಸರಳು ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನೂ ಎಬನೈಟ್ ಸರಳು ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗಿದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಸಮಾನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ವಸ್ತುಗಳು ವಿಕರ್ಷಕವಾಗಿಯೂ ವಿರೋಧ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ವಸ್ತುಗಳು ಆಕರ್ಷಕಗಳಾಗಿಯೂ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಘರ್ಷಣ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ, ಗಾಜಿನ ಸರಳು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತವಾದರೆ, ರೇಷ್ಮೆ ಬಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿಯೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿದ್ದು ಅದು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಆಗಿರುವುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಎಬನೈಟ್ ಮತ್ತು ಉಣ್ಣೆ ಬಟ್ಟೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಘರ್ಷಣದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ವಿರೋಧ ಸ್ವರೂಪದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ.

ಹೀಗೆ ಘರ್ಷಣದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಸ್ವರೂಪದ ಬಗ್ಗೆ ಹಲವಾರು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಪ್ರಚುರಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು. ಒಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ವಿದ್ಯುತ್ ಎಂಬುದು ಒಂದು ತೂಕವಿಲ್ಲದ ದ್ರವವೆಂದೂ ಮತ್ತೊಂದರ ಪ್ರಕಾರ ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಎರಡು ದ್ರವಗಳ ಕಲ್ಪನೆಯು ಆವಶ್ಯಕವೆಂದೂ ಹೇಳಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ, ಈ ತತ್ತ್ವಗಳು ಅಸಮರ್ಪಕವಾಗಿಯೇ ಉಳಿದುವು.

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟ ಮೇಲೆಯೇ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ನಿಜವಾದ ಸ್ವರೂಪದ ಅರಿವು ಉಂಟಾಯಿತು. ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯು ಖಚಿತವಾದ ಮೇಲೆ, ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಹೊಂದಿರುವ ತೂಕದ ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇರುವುದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಬೀಜದ ಒಟ್ಟು ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಮೌಲ್ಯವೂ ಎಲ್ಲ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಮೌಲ್ಯವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಬೀಜದಲ್ಲಿರುವ ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಪ್ರೋಟಾನ್ ಕಣದ ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶವೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶವೂ ಒಂದೇ ಎಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ, ಘರ್ಷಣದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಕಣಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆಯೇ ಹೊರತು ಹೊಸದಾಗಿ ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೂಡ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಗಾಜಿನ ಸರಳಿನಿಂದ ಕೆಲವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ರೇಷ್ಮೆ ವಸ್ತುವನ್ನು ಸೇರುತ್ತವೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ, ಗಾಜಿನ ಸರಳಿನಲ್ಲಿ ಋಣ

ವಿದ್ಯುದಂಶ ಕಣಗಳು ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದರಿಂದ ಉಳಿದುದು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೆ, ರೇಷ್ಮೆ ವಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಆಧಿಕ್ಯದಿಂದ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಣಬರುತ್ತದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವರ್ಗಾವಣೆಯಿಂದ, ಅವುಗಳ ಕೊರತೆಯೇ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೂ, ಆಧಿಕ್ಯವೇ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೂ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ,

ಎಲ್ಲ ಲೋಹಗಳೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಳ್ಳೆಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕಗಳು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಅವುಗಳ ರಚನೆಯು ಹರಳು (crystalline) ಗಳ ರಚನೆಯಂತೆ ಇದ್ದು, ಈ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಚಲಿಸತಕ್ಕ ಮುಕ್ತ ಅಂದರೆ, ಬಂಧನಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಲೋಹ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಏರಿಸಿ, ಕಾಯಿಸಿದರೆ, ಆ ತಾಪದ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಕಳಚಿಕೊಂಡು ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ವಿಸರ್ಜನೆ ಹೊಂದುವುದೇ ಇದಕ್ಕೆ ನಿದರ್ಶನವಾಗಿದೆ,

ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ವಹನ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ ವಾಹಕ (conductor) ಮತ್ತು ಅವಾಹಕ (insulator) ಎಂಬ ಎರಡು ಗುಂಪುಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. ವಾಹಕಗಳ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳ್ಳಿ, ತಾಮ್ರ, ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಮುಂತಾದ ಲೋಹಗಳೆಲ್ಲ ಸೇರುತ್ತವೆ. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ. ಈ ವಸ್ತುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ, ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಳಚಿಕೊಳ್ಳುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ವಹನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಮತ್ತೊಂದು ಗುಂಪಿನ ಅವಾಹಕ ವಸ್ತುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಬಂಧನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲದೆ ಇರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇರುವುದಿಲ್ಲ ; ಇದ್ದರೂ ಅತ್ಯಲ್ಪ. ಈ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಗಾಜು, ಎಬನೈಟ್, ಮೈಕ, ಉಣ್ಣೆ, ಗಂಧಕ ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಬಹುದು. ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳೂ ಸಾಧಾರಣ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅವಾಹಕ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ. ವಸ್ತುವಿನ ನಾಲ್ಕನೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯೆಂದು ಹೇಳಬಹುದಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ (plasma) ದಲ್ಲಿ, ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳಂತಿರುವ ಅಯಾನ್‌ಗಳೂ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳಾದ ಅಯಾನ್ (ion) ಗಳೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಇರುತ್ತವೆ, ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ವಾಹಕತ್ವವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಲೋಹದ ಮಾದರಿಯ ವಾಹಕಗಳಿಗೂ, ಎಬನೈಟ್ ಮಾದರಿಯ ಅವಾಹಕಗಳಿಗೂ ನಡುವೆ ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ವಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಅರೆವಾಹಕ (semi-conductor) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಸಿಲಿಕಾನ್, ಸೆಲಿನಿಯಂ, ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ನಿದರ್ಶನಗಳು. ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಇವುಗಳು ಬಹಳ ಪ್ರಮುಖ

ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಟ್ರಾನ್‌ಸಿಸ್ಟರ್ (transistor) ಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

ಎಬನೈಟ್ ಮಾದರಿಯ ಒಂದು ಅಪಾಹಕ ಸ್ತಂಭದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಗೋಳಾಕಾರದ ವಾಹಕ ವಸ್ತುವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿದರೆ, ಇದನ್ನು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದಾಗಲಿ, ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದಾಗಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕರಣ (electrified) ಮಾಡಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಎರಡು ವಿಧಾನಗಳಿವೆ. ಒಂದನ್ನು ವಹನ (conduction) ವೆಂದೂ ಮತ್ತೊಂದನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಣೆ (induction) ಯೆಂದೂ ಕರೆಯಬಹುದು. ಹೀಗೆ ವಾಹಕ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಕೊಟ್ಟರೆ, ಅದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸಿ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವನ್ನು ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್‌ಗೊಳಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲು ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಸೇರಿಸಿದರೆ, ಅದು ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಇರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ವಿಕರ್ಷಣಗೊಳಿಸಿ, ವಿದ್ಯುದಂಶವೂ ಎಲ್ಲ ಕಡೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಹರಡುತ್ತದೆ. ವಾಹಕ ವಸ್ತುವಿಗೆ ಬದಲು ಅಪಾಹಕ ವಸ್ತುವಿಗೆ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ತುಂಬಿದರೆ, ಅದು ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಹರಡಲು ಅವಕಾಶವಿರುವುದಿಲ್ಲ, ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ ಅದರಲ್ಲಿ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಹೇಮ ಪತ್ರ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕವು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾದುದು.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವಾದ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರ (electrical field) ವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಬಿಡಿ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಆ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟರೂ ಅದರ ಮೇಲೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪರಿಮಾಣದ ಬಲವು ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ನೇರವೂ (direction) ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯುತ್‌ಬಲವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಒಂದು ಮಾನವು ಇರುತ್ತದೆ – M.K.S. (ಮೀಟರ್, ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ, ಸೆಕೆಂಡ್) ಮಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದಂಶ ಮಾನವನ್ನು ಕೂಲಂಬ್ (coulomb) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಕೂಲಂಬ್ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲ (intensity of electric field) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದರ ಮಾನವನ್ನು M.K.S. ಮಾನದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟನ್/ಕೂಲಂಬ್ ಎಂದು ಹೇಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇವರ ವಿಷಯವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿಶದಪಡಿಸಲಾಗುವುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಇರಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಉಂಟಾಗುವ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಅದು ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್‌ಬಲಕ್ಕೆ ವಿರೋಧ ನೇರದಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಚಲನೆಗೊಳಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿ (work) ಯು ಮಾಡಲ್ಪಡಬೇಕು. ಈ

ಕಾರಣದಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಒಂದು ವಿದುತ್ ಸ್ಥಿತಿಶಕ್ತಿ (potential) ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಘರ್ಷಣದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿಸಲು ವಿದ್ಯುತ್ ಯಂತ್ರಗಳು (electro-static machines) ನಿರ್ಮಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಇಂಥ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ವ್ಯಾನ್-ಡಿ-ಗ್ರಾಫ್-ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕ (van-de-graaf-generator) ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದ ಸುಮಾರು 50 ಲಕ್ಷ ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ವೋಲ್ಟೇಜುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯ. ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಭೇದಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಇವುಗಳಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಅಂದಮೇಲೆ, ಈ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಮಂಜಸವಾದ ಅರ್ಥ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಬಲ್ಲ ಮೂಲಭೂತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಪ್ರಮುಖವಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು e^- ಎಂದು ಸೂಚಿಸಿ, ಇದರ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಮೌಲ್ಯವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.

$e = 1.6 \times 10^{-19}$ ಕೂಲಂಬ್

ಇದರ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ $m = 9.1 \times 10^{-31}$ ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಹೇಗೆ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆಯೋ ಅದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಅದರ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಅದು ಅವಿಭಾಜ್ಯ ದ್ರವ್ಯಕಣವಾಗಿಯೂ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಭೂಮಿಯನ್ನು ಆವರಿಸಿರುವ ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿಯೂ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ ಇದೆ. ಇದರ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದಲೂ ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಅಂಶಗಳು ಹೊರಬಿದ್ದು, ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಯಾನಕ್ಕೂ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಸಂಚಾರಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಅಪಾರವಾದ ಜ್ಞಾನಲಾಭವಾಗಿದೆ. ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ, ಭೂಮಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಚಲನೆ (terrestrial electrical currents)ಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

1.5 ಚಲನ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ

ಇದುವರೆವಿಗೂ ನಿಶ್ಚಲ ಅಥವಾ ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸಲಾಯಿತು. ಈಗ ಚಲ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಷಯುವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶ (electric battery)ದ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಹೊರಗಡೆ ಒಂದು ತಾಮ್ರ ತಂತಿಯ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಿದರೆ ಆ ತಂತಿಯಲ್ಲಿ

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಇದರ ನಿಜವಾದ ಅರ್ಥ ವೇನೆಂದರೆ, ತಂತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಆ ತಂತಿಯ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಚಲನ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇವಕ್ಕೆಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶದ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕಬಲ (electro-motive force)ದ ಪರಿಣಾಮ ವಾಗಿ. ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಣಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ನಾವು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು + ಧ್ರುವದಿಂದ – ಧ್ರುವದ ಕಡೆಗೆ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳು ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ನೇರವು ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ನೇರಕ್ಕೆ ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಹೀಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನವೇ ಆಧಾರವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಮೂರು ಮುಖ್ಯ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು : (i) ವಾಹಕ ತಂತಿಯ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಪರಿಣಾಮ ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಹಲವು ಮಾದರಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಮಾಪಕಗಳು (galvanometers) ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿವೆ. ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಇವು ಸಹಾಯಕವಾಗಿವೆ ಐನ್‌ಥೋವನ್ ತಂತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಾಪಕ (Einthoven's string galvanometer)ದ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ 10^{-12} ಆಂಪಿಯರ್ (ampere) ಅಷ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅಳೆಯಬಹುದು. ಹೃದಯ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಏರಿಳಿತಗಳ ಬದಲಾ ವಣೆಗಳನ್ನು ಉಲ್ಲೇಖಿಸಲು ಇವು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿವೆ. (ii) ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ಪರಿಣಾಮವೆಂದರೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ದ್ರವದ ಮೂಲಕ ಏರ್ಪಟ್ಟಾಗ ಆ ದ್ರವದ ಅಣುಗಳ ವಿಭಜನೆಯಿಂದ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಅಯಾನ್ (ion) ಗಳು ಬೇರ್ಪಟ್ಟು, ಅವುಗಳು ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತ ಒಂದು ಅಯಾನ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದರ ವಿಷಯವೇ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ವಿಭಾಗ ವಾಗುತ್ತದೆ. (iii) ಒಂದು ವಾಹಕ ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಟ್ಟಾಗ ಉಷ್ಣವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯನ್ನು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟು ಅದರ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿದರೆ. ತಂತಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಅದರ ಕಾವು ನೀರಿಗೆ ಹಬ್ಬಿ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ನಮ್ಮ ನಿತ್ಯಜೀವನದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಸಾಧನಗಳ

ಮೂಲಕ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಷ್ಣ ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ, ಉಪಯೋಗಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

1.6 ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆ

ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಆದಿಭಾಗದಲ್ಲಿ (1820) ನಡೆದ ಪ್ರಮುಖ ಘಟನೆಯೆಂದರೆ ಆಯರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ ಪ್ರಯೋಗ. ಒಂದು ವಾಹಕ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಟ್ಟರೆ ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆಂದು ತೋರಿಸಲಾಯಿತು. ಇದರ ವಿಷಯವನ್ನು ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾದುದೇನೆಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ಸಾಧ್ಯತೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಾಯ (converse) ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ, ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬೇಕೆಂಬ ದೃಢ ನಂಬಿಕೆಯಿಂದ ಫ್ಯಾರಡೆಯು ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಿರಂತರ ಪರಿಶ್ರಮದಿಂದ ಮಾಡತೊಡಗಿದನು. ಹಲವು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಅವನ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಸಫಲವಾದುವು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಫ್ಯಾರಡೆಯು 1831 ರಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದ ತತ್ತ್ವಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಇದೇ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆ (electro-magnetic induction)ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸೂತ್ರಗಳು : (i) ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕಕ್ಕೂ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯನ್ನು (relative motion between a conductor and a magnetic field) ಏರ್ಪಡಿಸಿದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕದ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ತಂತಿಯು ಒಂದು ಸುತ್ತು ಮಂಡಲ (closed circuit) ದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ (induced current) ವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ, ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯು ಇರುವವರೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿದ್ದು, ಅದು ನಿಂತರೆ, ಇದೂ ನಿಂತು ಹೋಗುತ್ತದೆ. (ii) ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ನಿಶ್ಚಲ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ವಾಹಕ ಸುರಳಿಯು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ ಅದರಿಂದ ಭೇದಿಸಲ್ಪಡುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ (rate of change of flux). ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ದರಕ್ಕೆಅನುಗುಣವಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಚಾಲಕ ಬಲವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸರಳ ಸೂತ್ರ ನಿರೂಪಣೆಯು ಹೀಗಿದೆ :

$$e = -\frac{dN}{dt}$$

ವಿದ್ಯುತ್‌ಚಾಲಕ ಬಲ (ಪ್ರೇರೇಪಿತ) = – ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಭೇದಿಸಲ್ಪಡುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲದ ರೇಖೆಗಳ ದರ. ಇಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಋಣ (–) ಸಂಕೇತದ

ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುತ್‌ಚಾಲಕ ಬಲದ ದಿಕ್ಕು ವಾಹಕ ತಂತಿಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಗೆ ವಿರೋಧವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಈ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು ಅತಿ ಸರಳ ಉಪಕರಣಗಳಾದ, ತಂತಿ ಸುರುಳಿ, ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕ ಇದ್ದರೆ ಸಾಕು. ತಂತಿ ಸುರುಳಿಯ ಎರಡು ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿ. ಅದರ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ದೂರದಿಂದ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ದಂಡ (bar magnet)ದ ಒಂದು (N or S) ಧ್ರುವವನ್ನು ವೇಗವಾಗಿ ತಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ - ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ಷಣಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅದರ ಸೂಚಿಯು ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ವಿರೋಧ ಧ್ರುವವನ್ನು ಹತ್ತಿರ ತಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ನೇರವೂ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ತಂತಿಯೂ ಅಯಸ್ಕಾಂತವೂ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿದ್ದರೆ. ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವೂ ಇಲ್ಲ. ಇದನ್ನೇ ವಿಸ್ತರಿಸಿ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಿದರ್ಶಿಸಬಹುದು. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ, ಇದೊಂದು ಅತ್ಯಂತ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ಸಂಶೋಧನೆಯೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಪ್ರಮುಖ ವಿಧಾನವಿದು. ಇವನ್ನೇ ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು. ಡೈನಮೋ. ಮೋಟರ್. ಪರಿವರ್ತಕ (transformer) ಮುಂತಾದ ಮೂಲ ಉಪಕರಣಗಳು ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಆಧುನಿಕ ಯಂತ್ರಯುಗಕ್ಕೆ ಇವುಗಳೇ ಮೂಲಭೂತವಾದ ಸಲಕರಣೆಗಳೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಕೈಗಾರಿಕೆಯ ಕ್ರಾಂತಿ ಮತ್ತು ರಾಷ್ಟ್ರಗಳ ಸಂಪತ್ತುಗಳೆಲ್ಲವೂ ಇವುಗಳಿಂದಲೇ ಉಂಟಾಗುತ್ತಿವೆ. ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ನಡೆದ ಶಿಖರ ಪ್ರಾಯವಾದ ಈ ಭೌತ ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ಆದಿ ಕಾರಣನಾದ. ಅತ್ಯಂತ ಮೇಧಾವಿ ಪ್ರಯೋಗ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾದ ಫ್ಯಾರಡೆಗೆ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೇ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಸ್ಥಾನವು ಸಲ್ಲಬೇಕಾಗಿದೆ. ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಪ್ರಧಾನ ತತ್ತ್ವದ ವಿಚಾರವನ್ನು ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ವಿಶದಪಡಿಸಲಾಗುವುದು.

1.7 ಉಷ್ಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್

ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು. ಶಕ್ತಿಯು ತಾಳಬಹುದಾದ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಂದು ತಿಳಿದರೆ, ಈ ಎಲ್ಲ ರೂಪಗಳ ನಡುವೆ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧವಿದ್ದು, ಒಂದರಿಂದ ಮತ್ತೊಂದನ್ನು ಪರಿವರ್ತನೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಬಹುದೆಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ಕಾಂತಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಗಳ ನಡುವಣ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧ ಮತ್ತು ಪರಿವರ್ತನೀಯತೆಯ ವಿಷಯವನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪಾದನೆಗೂ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಅರಿತಿದ್ದೇವೆ. ಒಂದು ವಾಹಕ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು

ಉಂಟಾದಾಗ, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರಿ, ಉಷ್ಣ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಉಷ್ಣಶಕ್ತಿಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳೂ ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭಿನ್ನ ಲೋಹಗಳನ್ನು (ಅಂದರೆ, ಆಂಟಿಮೊನಿ-ಬಿಸ್ಮತ್, ಕಬ್ಬಿಣ, ತಾಮ್ರ ಇತ್ಯಾದಿ) ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ, ಅವುಗಳ ಎರಡು ಸಂಧಿ ಪ್ರದೇಶಗಳ ನಡುವೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿದರೆ ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿಯೇ ಆ ಸಂಧಿಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಶಕ್ತಿಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ (thermo-electricity) ವಿಧಾನ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ದ್ಯುತಿ (light)ಗೂ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಗೂ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವಿದೆ. ಕೆಲವು ಲೋಹದ ಲೇಪದ ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು (ದೃಶ್ಯ ಅಥವಾ ನೀಲಾತೀತ) ಬೆಳಗಿಸಿದರೆ, ಆ ಮೇಲ್ಮೈಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು (electron) ಕಳಚಿಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು (photo-electric current) ಪಡೆಯಬಹುದು. ಇದೂ ಒಂದು ಆಧುನಿಕ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಮುಖ ವಿಭಾಗ. ಇದರಿಂದ ನಮ್ಮ ನಿತ್ಯಜೀವನದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಜನಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಹಾಗೆಯೇ, ಒಂದೊಂದು ವಸ್ತುವಿನಿಂದಲೂ ವಿಸರ್ಜಿಸಲ್ಪಡುವ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಒಂದೊಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಂತರಿಕ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬೀಜ ಮತ್ತು ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಣಮಾಡುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ತುಂಬಿದ ಕವಚ (closed shell) ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಅಪೂರ್ಣ ಕವಚ (incomplete shell) ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯಬಂದಿದೆ. ಒಂದೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೂ ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸುತ್ತಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಇವುಗಳು ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಬಂಧನೆ (quantum law) ಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿವೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಕಡಮೆ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದ ಪಥವೂ ಉದ್ರೇಕ ಸ್ಥಿತಿ (excited state) ಯಲ್ಲಿ ಮೇಲ್ಮಟ್ಟದ ಶಕ್ತಿಯ ಪಥಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ. ಈ ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಕಾಲದಲ್ಲಿದ್ದು ಮತ್ತೆ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟದ ಪಥಗಳಿಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಕೆಳಗಿನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದಿದರೆ, ಈ ಎರಡು ಮಟ್ಟಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಬೆಳಕಿನ ರೇಖೆ (spectral line) ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುವ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಒಂದು ದ್ಯುತಿ ಕಣವು ಅಥವಾ

ಫೋಟಾನ್ (photon) ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಮುಖ್ಯ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು 1913 ರಲ್ಲಿ ಹೊರಗೆಡಹಿದ ಕೀರ್ತಿಯು ನೀಲ್ಸ್ ಬೋರ್ (Niels Bohr) ವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ಸಲ್ಲಬೇಕು.

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಎರಡು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ - ಫೋಟಾನ್‌ಗಳ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವು ಏರ್ಪಟ್ಟಂತಾಯಿತು.

ಇನ್ನು ಡೈನಮೋದ ಮುಖ್ಯ ತತ್ತ್ವದಲ್ಲಿ, ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವ ವಿಧಾನವಿದ್ದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಮೋಟರ್‌ನಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವ ವಿಧಾನವು ನಿದರ್ಶಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಹರಡಲ್ಪಡುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆ (electro-magneticwave) ಗಳ ಪ್ರಸಾರದ ತತ್ತ್ವದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದೇನೆಂದರೆ, ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಸ್ಪಂದನಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿ ಪರ್ಯಾಯ (alternating) ವಾಗಿಆಂದೋಳನ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿದಲ್ಲಿ,ಇವುಗಳ ನೇರಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಮುಖ್ಯ ತತ್ತ್ವದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗುವ ಸೂಕ್ತ ಸಾಧನಗಳಿಂದ ಶಬ್ದಗಳನ್ನೂ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನೂ ಈ ಅಲೆಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸಾರ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದರಿಂದಲೇ ಪ್ರಪಂಚದ ನಾನಾ ಭಾಗಗಳಿಗೂ ಸಂಪರ್ಕ ಕಲ್ಪಿಸಿರುವ ಬಾನುಲಿ ಮತ್ತು ದೂರದರ್ಶನ (wireless and television) ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದೇ ಇದೆ.

1.8 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿಜ್ಞಾನ

ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ 'ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್' ಕಣವು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟು, ಆಗಲೇ ಆಧುನಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಉದಯವಾಯಿತು. ಈ ಕಣದ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವನ್ನು ಎತ್ತಿತೋರಿಸುವಂತೆ, ಹಲವಾರು ಪ್ರಮುಖ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು. ತ್ವರಿತಗತಿಯಲ್ಲಿ ಹೊರಬಿದ್ದುವು. ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ (naturally radio-active) ಹೊರ ಬೀಳುವ α, β, γ ಎಂಬ ಮೂರು ಮಾದರಿಯ ಕಿರಣಗಳಲ್ಲಿ β-ಕಿರಣವು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವೆಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಯುರೇನಿಯಂ, ಥೋರಿಯಂ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯಂ ವಸ್ತುಗಳೇ ಇದಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯ ನಿದರ್ಶನಗಳು. ಒಂದು ನಿರ್ವಾತ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ತಂತಿಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿ, ಅದರ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ

ವನ್ನು ಹೆರಿಸಿ, ತಂತಿಯು ಕಡುಗೆಂಪು ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ, ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಣಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಂದು ಸಾಧಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ನಿರ್ಮಿತವಾದ ಥರ್ಮಿಯಾನಿಕ್ ನಾಳಿಕೆ thermionic valve)ಯು ಬಾನುಲಿ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಪ್ರಧಾನ ಉಪಕರಣವಾಯಿತು. ಕೆಲವು ಲೋಹಗಳ ಲೇಪಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕನ್ನು ಬೆಳಗಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಣಗಳೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೇ. ಈ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಧಾನದಿಂದ ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಮುಂತಾದ ದೊಡ್ಡ ವಿಭಾಗಗಳು ತೆರೆಯಲ್ಪಟ್ಟವು. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆಯೆಂಬುದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಸರ್ವತೋಮುಖವಾದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿತು. ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನವಲನಗಳಿಂದಲೇ ವಸ್ತುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಅವುಗಳಿಂದ ಇಡೀ ವರ್ಣಪಟಲ ಶಾಸ್ತ್ರವೇ (spectroscopy) ರೂಪಗೊಂಡಿತು. ವಸ್ತುಗಳ ಕಾಂತಶಕ್ತಿಗೂ ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೇ ಮೂಲಭೂತವಾದುದೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು. ಹೀಗಾಗಿ ವಸ್ತುಗಳ ಭೌತ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಗುಣಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳೇ ರೂಪಿಸುತ್ತವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಈ ವಿಧವಾದ ಸರ್ವತೋಮುಖವಾದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣದ ಚರಿತ್ರೆಯೇ ಆಧುನಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳಿದರೂ ತಪ್ಪಾಗಲಾಗದು.

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವಾದರೋ ಅತ್ಯಂತ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನೂ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನೂ ಹೊಂದಿದೆ. ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿಯೇ ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಮತ್ತು ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಪ್ರಮಾಣದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನೂ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುವ ಕಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದೇ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಧನ ರೂಪ (positive) ದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುವ ಇದರ ಪ್ರತಿಕಣದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದು ಪಾಸಿಟ್ರಾನ್ (positron). ಇವುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳೂ ಒಂದೇ. ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ಬೀಜಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಕಣಗಳು ಒಂದು ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶಮಾನವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೂ. ಅದರ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು 1836 X ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ. ಹಾಗೆಯೇ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಎಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ಬೀಜಕಣವು ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣವಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಮೆ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಕಣದಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಪ್ರೋಟಾನ್, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಧಾನ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿ ಮೂಲಭೂತ ಕಣ (fundamental particle) ಗಳೆಂದು ಹೇಳಬಹುದಾಗಿದೆ.

ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿಜ್ಞಾನ (electronics) ವೆಂದು ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಇದರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಘನ. ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪಾತ್ರಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಒಳಗಾಗಿದ್ದಿತು. ಈಗಲಾದರೋ ಇದರ ವಿಶಾಲ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ರೇಡಿಯೋ, ಟೆಲಿವಿಷನ್ ಮುಂತಾದ ಸಾಧನಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಎಲ್ಲ ವಿಧವಾದ ಯಂತ್ರ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನೂ ಈ ಸಲಕರಣೆಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣಮಾಡುವ ಕುಶಲ ವಿಜ್ಞಾನಗಳನ್ನೂ ಸೇರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈ ವಿಶಿಷ್ಟ ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮೂಲ ಕಲ್ಪನೆಯು ಒಂದು "ಸಂಕೇತ" (signal) ವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗಿಂತ ಹೇಗೆ ಭಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಸೂಚಿಸುವ ವಿಧಾನವೇ 'ಸಂಕೇತ' ವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಉದಾಹರಿಸಲು ಉಚ್ಚವಾಚಕ (loud-speaker)ದ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇದರ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದರೆ. ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವೂ ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಇದರ ಮೂಲಕ ಸೂಕ್ತ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಬದಲಾಗುತ್ತಿರುವ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದಲ್ಲಿ. ಒಂದು ಶಬ್ದವು ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಇದು ಮಾತಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ. ಸಂಗೀತ ರೂಪದಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ ಇರಬಹುದು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಒಂದು 'ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಕೇತ' (electric signal) ವನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸಬಹುದು.

(i) ರೇಡಿಯೋ ಸಂಕೇತ

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸಂಚರಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವಾಹಕ ಅಲೆಗಳು ಒಂದು ವಾರ್ತಾಗ್ರಾಹಕ ತಂತಿ (antenna) ಯನ್ನು ತಲುಪಿದರೆ. ಆ ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಯು ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಒಂದು ರೇಡಿಯೋ ಸಂಕೇತವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ.

(ii) ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಉಪಕರಣ

ಒಂದು ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ - ಕೋಶ (photo-electric cell)ದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹವು ಬಿದ್ದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕಿನ

ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಕಡಿದರೆ, ತತ್‌ಕ್ಷಣ ವಿದ್ಯುತ್-ಪ್ರವಾಹವು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಬದಲಾವಣೆಯೇ ಒಂದು ಸಂಕೇತವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ನಿತ್ಯಜೀವನದಲ್ಲಿ ನಾನಾ ವಿಧವಾದ ಪ್ರಯೋಜನಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್-ಚಾಲಕ ಘಂಟೆಗಳನ್ನು ಸಕ್ರಿಯಗೊಳಿಸುವುದು, ಕಳ್ಳಕಾಕರ ವಿಷಯದ ಮುಂಜಾಗ್ರತೆ (burglar alarm) ಸೂಚನೆ, ಬೀದಿಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ದೀಪಗಳನ್ನು ಸ್ವಯಂಚಾಲಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಗಿಸುವುದು ಮುಂತಾದುವು ಕೆಲವು ನಿದರ್ಶನಗಳು.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಗಣಕಯಂತ್ರ

ಈಗಿನ ನಿತ್ಯಜೀವನದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿ ಹಲವಾರು ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಸೇವೆಯನ್ನು ಸಲ್ಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಯಂತ್ರಸಾಧನವೆಂದರೆ ಗಣಕಯಂತ್ರ. ಇದರಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸರಳ ತತ್ವವು ಹೀಗೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು (numbers) ವಿದ್ಯುತ್-ಸಂಕೇತಗಳನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು ಮೊದಲ ಅಂಗ. ನಂತರ ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನಾಳಿಕೆಗಳು ಮತ್ತು ಟ್ರಾನ್-ಸಿಸ್ಟರ್‌ಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸಂಕಲನ ಮತ್ತು ವ್ಯವಕಲನ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ (addition and subtraction) ಒಳಪಡಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ಯಂತ್ರಗಳ ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವೇನೆಂದರೆ, ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ತ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಹಲವಾರು ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಕೆಲಸಗಳನ್ನು ಮಾಡುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸುವುದು. ಆಧುನಿಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಸಂಕೇತಗಳು ಸಾಧಿಸುವ ಮಹತ್ವದ ಕಾರ್ಯಗಳೆಲ್ಲವೂ ಈ ವಿಧಾನಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆಯೇ ನಿಂತಿವೆ.

ಇಂದು ಮಾನವನು ಕೈಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ಹಲವಾರು ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಗಣಕಗಳ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುವುಗಳನ್ನು ಹೀಗೆ ಗುರುತಿಸಬಹುದು.ಕೈಗಾರಿಕಾ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು, ಗೃಹಗಳು ಮತ್ತು ಕಛೇರಿಗಳೆಲ್ಲವೂ ಇಂದು ಗಣಕ ಯಂತ್ರದ ಪ್ರಭಾವವನ್ನೇ ನಂಬಿವೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವರ್ತನೆಯ ನಿಯಂತ್ರಣದಿಂದ, ರೇಡಿಯೋ, ಟೆಲಿವಿಷನ್, ಟೇಪ್‌ರೆಕಾರ್ಡಿಂಗ್, ಚಲನಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಶಬ್ದಗ್ರಹಣಗಳು ಕೆಲಸಮಾಡುತ್ತಿವೆ. ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಾವಿಕೆಗಳು, ವಿಮಾನಗಳು, ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ವಾಹನಗಳು - ಇವುಗಳೆಲ್ಲವೂ ನಿಯಂತ್ರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿವೆ. ಚಂದ್ರಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಯಾನಮಾಡಿದ ಗಗನಯಾತ್ರಿಗಳ ಚಲನವಲನಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲಾಗುತ್ತಿದ್ದುದು, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಭೂಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದ ಸ್ಥಾಪನೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳಿಂದಲೇ ಎಂಬುದನ್ನು ಸ್ಮರಿಸಬಹು

ದಾಗಿವೆ. ಕೈಗಾರಿಕೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯಂತೂ ಸಾವಿರಾರು ಭಿನ್ನ ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಧನಗಳು ಸಹಾಯಮಾಡುತ್ತಿವೆ. ಈ ಗಣಕ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಮಾನವನು ನಿರ್ಮಿಸಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಮಿದುಳು (electronic brain) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಮಾನವನು ತನ್ನ ಮಿದುಳಿನಿಂದ ಮಾಡಬಹುದಾದ ಹಲವಾರು ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಸಾವಿರಾರು ಪಟ್ಟು ದಕ್ಷತೆಯಿಂದಲೂ ಅತಿವೇಗದಿಂದಲೂ (ಅಂದರೆ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಕಾಲಾವಧಿಗಳಲ್ಲಿ) ಗಣಕಯಂತ್ರಗಳು ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಸಾಧಿಸಬಲ್ಲವು. ಇದೊಂದು. ಅತ್ಯದ್ಭುತ ಸನ್ನಿವೇಶ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ನಾಳಿಕೆಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿ ಅವುಗಳನು ಗೊತ್ತಾದ ಕಾರ್ಯಗಳ ನಿರ್ವಹಣೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೇ ಈ ಸಾಧನದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ.

ವಿಜ್ಞಾನ ಮಾರ್ಗದಿಂದ ನಡೆಸಲಾಗುತ್ತಿರುವ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ನಮಗೆ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಉಪಯೋಗಗಳು ಕಂಡುಬಂದಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು, ಶುದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಷೇತ್ರ ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಹೊರಗೆ ಕಾಣಬರುವ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳಿಗೆ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಾಗಿ ಇರಬಹುದಾದ ಮೂಲಭೂತ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಅರಿಯುವುದು. ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಗತಿಯ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ನಾವು ಕಾಣಬಹುದಾದ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಬಾಹ್ಯ ವೈವಿಧ್ಯ ರೂಪಗಳ ಹಿಂದಿರುವ ತತ್ವಗಳಲ್ಲಿ ಐಕ್ಯತೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದಾದ ಸರಳತೆ, ಇಂದಿನ ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಮೂಲತತ್ವ. ಈಗ ದ್ರವ್ಯ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಗಳ ಭಿನ್ನತೆಯು ಮಾಯವಾಗಿ ಇವುಗಳು ಒಂದೇ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವದ ಪರಸ್ಪರ ಪರಿವರ್ತನೀಯವಾದ ಎರಡು ರೂಪಗಳೆಂದು ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ, ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ಕಣ ಮತ್ತು ಅಲೆಗಳೆಂಬ ಎರಡು ಭಿನ್ನವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುವ ರೂಪಗಳ ಹಿಂದೆಯೂ ಒಂದು ಸಮಗ್ರತೆ ಇದೆಯೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ 'ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್' ಎಂಬುದು ಮುಖ್ಯ ಜೀವಾಳವಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ಸ್ವರೂಪದಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಕಣ ಮತ್ತು ಅಲೆಗಳ ಸ್ವರೂಪಗಳು ಮಿಳಿತವಾಗಿವೆ ಎಂದು ತಿಳಿದಿರುವುದು ಆಧುನಿಕ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮಹತ್ತಾದ ಸಾಧನೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಇಂದು ವಿಜ್ಞಾನವು ಜನಪ್ರಿಯವಾಗಲು ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ನಿತ್ಯಜೀವನದಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಂಡು, ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಾಧನಗಳಿಂದ ಸುಖಸಂಪತ್ತುಗಳನ್ನು ಗಳಿಸಿ, ದೇಹಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಬುದ್ಧಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಕೂಡ ಅವುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಆದಷ್ಟು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡು ಸುಖಜೀವನವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದೇ ಆಗಿದೆ. ಕಂಪ್ಯೂಟರ್ ಯಂತ್ರಗಳಿಂದ ಕೇವಲ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ದಕ್ಷತೆಯಿಂದ ನಿರ್ವಹಿಸಿಕೊಂಡು ದೈವ-

ದತ್ತವಾದ ಮಿದುಳನ್ನು ಕೇವಲ ಬೌದ್ಧಿಕ ವ್ಯಾಪಾರಗಳಿಗಾಗಿಯೇ ಮೀಸಲಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು ಆಧ್ಯಾತ್ಮಿಕ ಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ವೃದ್ಧಿ ಮಾಡಲು ಸಹಾಯವಾಗಬಹುದು. ಎಷ್ಟೇ ದಕ್ಷ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿಬಹುದಾದರೂ, ಅವುಗಳು ಮಾನವ ಬುದ್ಧಿ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿದ್ದು ಅದಕ್ಕೆ ಅಧೀನವಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕೆಂಬುದನ್ನು ಮರೆಯಲಾಗದು.

ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಮೇಲಿನ ಸಿಂಹಾವಲೋಕನೆಯಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ವಿಮರ್ಶಿಸಲಾಗುವುದು.

2 ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿ

1. 2 ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವಣ ಬಲ – ವಿಲೋಮ ವರ್ಗಸೂತ್ರ

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಸ್ತುವು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯಾಗಲಿ. ಕೃತಕವಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದರಾಗಲಿ, ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಮೊದಲನೆಯದು ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಎರಡು ತುದಿಗಳ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಯು ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿ ರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಧ್ರುವಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಎರಡನೆಯ ಗುಣದ ಪ್ರಕಾರ, ಈ ಕಾಂತೀಕೃತ ವಸ್ತುವನ್ನು ತೂಗುಹಾಕಿದರೆ ಅದರ ಕಾಂತೀಯ ಅಕ್ಷವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕಿನ ಕಡೆಗೆ ವಾಲು ತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಇದು ದಕ್ಷಿಣ-ಉತ್ತರ (ಭೌಗೋಲಿಕ) ದಿಕ್ಕನ್ನು ಅವಲಂಬಿ ಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದರೆ, ಉತ್ತರ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಅಭಿಮುಖವಾಗಿ ಉಳ್ಳ ಧ್ರುವವನ್ನು ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವೆಂದೂ, ಮತ್ತೊಂದು ಧ್ರುವವನ್ನು ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವವೆಂದೂ ಕರೆ ಯುವುದು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ಒಂದೊಂದು ಕಾಂತದ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಅದರ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳ ಸತ್ತ್ವವನ್ನು (magnetic pole-strength) ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಒಂದೊಂದು ಕಾಂತವೂ ಹೊಂದಿರುವ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳ ಸತ್ತ್ವಗಳೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಆ ಕಾಂತವನ್ನು ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ದ್ವಿಧ್ರುವ (magnetic dipole) ವನ್ನಾಗಿ ಗಣಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮಾನದಲ್ಲಿ ಧ್ರುವಸತ್ತ್ವವನ್ನು m ಮಾನಗಳೆಂದು ಸೂಚಿಸಿದರೆ, ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವನ್ನು $+m$ ಎಂದೂ, ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವವನ್ನು $-m$ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಕಾಂತೀಯ ಧ್ರುವಗಳು ಯಾವಾಗಲೂ ಜೋಡಿಯಾಗಿಯೇ ಇರುವುದರಿಂದ, ಒಂದು ಧ್ರುವವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದಂತೆ ತೋರಿಬರುತ್ತದೆ. ಆದರೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ ದೂರವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಮಾಡುವುದರ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಧ್ರುವದ ಸಮೀಪದ ಪ್ರದೇಶ ದಲ್ಲಿ ದೂರದ ಧ್ರುವದ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅದನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳದಿರಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಒಂದು ಧ್ರುವವನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ಅದರ

ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಧ್ರುವವನ್ನು ತಂದರೆ ಇವೆರಡರ ನಡುವೆ ಒಂದು ಬಲವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಬಲವು ವಿರೋಧ ಚಿಹ್ನೆಯ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ (N–S) ಆಕರ್ಷಕವಾಗಿಯೂ, ಸಮಾನ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ(N–N ಅಥವಾ S–S) ವಿಕರ್ಷಕವಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ.

ಈ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಬಲದ ಪ್ರಮಾಣವು F ಆದರೆ, ಇದು ಮೂರು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಮೊದಲನೆಯದು ಧ್ರುವಗಳ ಸತ್ತ್ವ ಪ್ರಮಾಣ (m), ಎರಡನೆಯದು ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರ (d) ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಗುಣಾಂಕ - ವ್ಯಾಪ್ಯತೆ (permeability) μ C.G.S. ಮಾನದಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಇವುಗಳನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸುವ ಸೂತ್ರವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ :

$$F = \frac{m_1 m_2}{\mu, d^2} \qquad 2.1$$

ಇದನ್ನು ಕೂಲಂಬ್ ನಿಯಮ (Coulomb's Law) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದರಲ್ಲಿ $F \alpha \frac{1}{d^2}$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಬಲವು ದೂರ ವರ್ಗದ ವಿಲೋಮಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುವುದರಿಂದ, ಇದನ್ನು ವಿಲೋಮ ವರ್ಗ ನಿಯಮವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಮೇಲಿನ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ F ಡೈನ್‌ಗಳ ಮಾನದಲ್ಲಿಯೂ, d ಸೆಂ.ಮೀ. ಮಾನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇದ್ದು, ಗಾಳಿ ಅಥವಾ ನಿರ್ವಾತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ (vacuum) $\mu = 1$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, m_1 ಮತ್ತು m_2 ಗಳು ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳ ಸತ್ತ್ವಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳೂ C.G.S. ಮಾನದಲ್ಲಿರುವುವೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಈಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ $m_1 = m_2$; $d = 1$ ಸೆಂ.ಮೀ. ; $F = 1$ ಡೈನ್ ; $\mu = 1$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ $1 = \frac{m_1^2}{1}$ ಅಥವಾ $m_1 = \pm 1$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ 1 C.G.S. ಮಾನದ ಧ್ರುವಸತ್ತ್ವದ ನಿರೂಪಣೆಯು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಧ್ರುವದ ಸತ್ತ್ವವು 1 C. G. S. ಮಾನವಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಸಮಾನ ಮೌಲ್ಯ ಮತ್ತು ಸಮಾನ ಚಿಹ್ನೆಯ ಧ್ರುವವು 1 ಸೆಂ. ಮೀ. ದೂರದಲ್ಲಿ, ನಿರ್ವಾತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ವಿಕರ್ಷಕ ಬಲವು 1 ಡೈನ್ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಹಲವಾರು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ C.G.S. ಮಾನಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ M.K.S. ಮಾನವು

ಸಾಮಾನ್ಯ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಬಂದಿದೆ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ [L] ಉದ್ದದ ಏಕಮಾನವು 1 ಮೀಟರ್ $=10^2$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಆಗಿಯೂ, [M ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಏಕಮಾನವು ಒಂದು ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ $=10^3$ ಗ್ರಾಂ ಗಳಾಗಿಯೂ, [T] ಕಾಲದ ಪರಿಮಾಣದ ಏಕಮಾನವು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ.

ಈ M.K.S. ಮಾನದ ಪ್ರಕಾರ, ಬಲದ ಏಕಮಾನವು 1 ನ್ಯೂಟನ್ $=10^5$ ಡೈನ್‌ಗಳಾಗಿಯೂ, ಶಕ್ತಿಯ ಏಕಮಾನವು 1 ಜೂಲ್ $=10^7$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳಾಗಿ ಯಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ M.K.S. ಮಾನದ ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ, 1950 ರಿಂದ ಈಚೆಗೆ ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ತಾಂತ್ರಿಕ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಆದೇಶದ ಪ್ರಕಾರ ಸಮನ್ವಯಿತ M.K.S. ಏಕಮಾನಗಳು (Rationalized M.K.S. units) ಸರ್ವಸಮ್ಮತವಾಗಿವೆ. ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಏಕಮಾನ ಪದ್ಧತಿಯನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುವುದು.

ಈ ಪದ್ಧತಿಯ ಪ್ರಕಾರ, ನಾವು ಧ್ರುವಸತ್ತ್ವದ ಏಕಮಾನವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸ ಬೇಕಾದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಡಬೇಕು.

ಸಮನ್ವಯಿತ M.K.S. ಪದ್ಧತಿಯ ಪ್ರಕಾರ, ಕಾಂತ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವಣ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸೂತ್ರದ ರೂಪವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.

$$F = \frac{m_1 m_2}{4\pi\mu_0 . d^2}$$ ನ್ಯೂಟನ್‌ಗಳು (ಮುಕ್ತ ಆವರಣದಲ್ಲಿ)

ಈ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ ಹೆನ್ರಿ/ಮೀಟರ್.

d ಮೀಟರ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ,

F ನ್ಯೂಟನ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ,

4 ಎಂಬುದು ಸಮನ್ವಯಿತ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ.

ಹೀಗಿದ್ದರೆ, m_1, m_2 ಗಳು M.K.S. ಮಾನದ ಮೌಲ್ಯಗಳಾಗಬೇಕು. ಈಗ, C.G.S. (ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ) ಧ್ರುವಸತ್ತ್ವದ ಏಕಮಾನಕ್ಕೂ M. K. S. (ಸಮನ್ವಯಿತ) ಪದ್ಧತಿಯ ಏಕಮಾನಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸ ಬೇಕು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ, ಎರಡು ಪದ್ಧತಿಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಪಟ್ಟಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆಯಬಹುದು. ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳು ಒಂದೇ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರಲಿ.

	M.K.S	C. G. S.	ಸಂಬಂಧ ಸೂತ್ರ
ಸೂತ್ರ	$F' = \frac{m'}{4\pi\mu_0 d'^2}$	$F = \frac{m^2}{d^2}$	
ಬಲ	F'-(ನ್ಯೂಟನ್‌ಗಳು)	F-ಡೈನುಗಳು	$F' = F \times 10^{-5}$
ಧ್ರುವಸತ್ವ	m'-ವೀಬರ್	m (ಏಕಮಾನಗಳು)	$m' = m \times 4\pi \times 10^{-8}$
ದೂರ	d'-(ಮೀಟರ್)	d ಸೆಂ. ಮೀ.	$d' = d \times 10^{-2}$
ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆ	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$	1	
	$m'^2 = F' 4\pi\mu_0 d'^2$	$m^2 = F.d^2$	

$$\frac{m'^2}{m^2} = \frac{F'}{F} \times 4\pi\mu_0 \times \frac{d'^2}{d_2}$$

$$= 10^{-5} \times 4\pi \times 4\pi \times 10^{-7} \times 10^{-4}$$

$$= 16\pi^2 \times 10^{-16}$$

$$\frac{m'}{m} = 4\pi \times 10^{-8} = 4\pi/10^8$$

ಅಥವಾ $\frac{m}{m'} = \frac{10^8}{4\pi}$

ಅಂದರೆ, 1.M.K.S. ಮಾನದ ಧ್ರುವಸತ್ತ್ವ $= \frac{10^8}{4\pi}$ x C.G.S. ಮಾನದ ಧ್ರುವಸತ್ತ್ವದ ಏಕಮಾನ ಅಥವಾ 1 ವೀಬರ್ $= \frac{10^8}{4\pi}$ xC.G.S. ಧ್ರುವ ಸತ್ವದ ಏಕಮಾನ 2.3

2.2 ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ - ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಸತ್ತ್ವ

ಒಂದು ಕಾಂತದ ಧ್ರುವದ ಅಥವಾ ಒಂದು ಕಾಂತದ ಸುತ್ತಲೂ ಆವರಿಸಿರುವ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ (magnetic field) ವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ

ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾಂತಧ್ರುವವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿದರೆ ಅದರ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಬಲವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಬಲವು ಒಂದು ಸದಿಶ ಪ್ರಮಾಣ (vector) ವಾದುದರಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ ಮೌಲ್ಯ ಮತ್ತು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ನಾವು ಒಂದು ಏಕ ಮಾನದ ಧ್ರುವವನ್ನು (ಉತ್ತರ) ಒಂದು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟರೆ ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲಕ್ಕೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಸತ್ತ್ವ (intensity of the magnetic field) ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ H ಅಥವಾ F ಎಂಬ ಸಂಕೇತದಿಂದ ಸೂಚಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. CGS ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಸತ್ತ್ವದ ಏಕಮಾನವನ್ನು ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ (oersted) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದ

$$1 \text{ ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್} = 1 \text{ ಡೈನ್/ಏಕಮಾನ ಧ್ರುವ ಸತ್ವ.} \qquad 2.4$$

ಅಂದರೆ, ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಸತ್ತ್ವವು H ಆಗಿಯೂ, ಧ್ರುವದ ಸತ್ತ್ವವು m ಏಕಮಾನಗಳೂ ಆದರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲವು

$$F = m H \text{ ಡೈನ್‌ಗಳು.} \qquad 2.5$$

ಈಗ m C.G.S. ಮಾನಗಳ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವಕ್ಕೆ d ಸೆಂ.ಮೀ., ದೂರದಲ್ಲಿ ಇರುವ 1 C.G.S. ಮಾನದ ಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲದ ಮೌಲ್ಯವು

$$H = \frac{m}{d^2} \text{ (ಗಾಳಿ ಅಥವಾ ಶೂನ್ಯ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ) ಆಯಿರ್ ಸ್ಟೆಡ್}$$

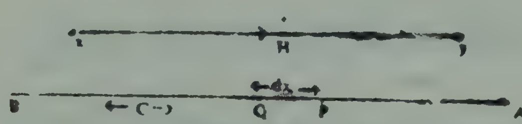
$$\text{M.K.S. ಮಾನದಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲಮಾನ} = \frac{4\pi}{10^3} \text{ ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್.}$$

2.3 ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ

ಯಾವಾಗ ಒಂದು ಬಲಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆಯೋ, ಆಗ ಆ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿಯ ಮೂಲಕ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು. ಈ ಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಗುರುತ್ವಾ-ಕರ್ಷಕ ಕಾಂತೀಯ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ ರೂಪಗಳನ್ನು ತಾಳಿರಬಹುದು. ಗುರುತ್ವಾ-ಕರ್ಷಕ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಮೇಲಿನ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಬಲವು ಮೂಡುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ, ಒಂದು ಉತ್ತರಕಾಂತ ಧ್ರುವವು ಕಾಂತೀಯ ಮೇಲ್ಮಟ್ಟದಿಂದ ಕಾಂತೀಯ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಮಟ್ಟವನ್ನೇ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟವೆಂದು ಗಣಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಒಂದು ಉನ್ನತ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಅಧೋ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುವಾಗ, ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು (work) ಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏಕ ಮಾನದ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವು ಎರಡು ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವೆ ಚಲಿಸುವಾಗ, ಮಾಡಲ್ಪಡುವ

ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ (ಅಥವಾ ಕೆಲಸ) ಯ ಪ್ರಮಾಣವು ಆ ಮಟ್ಟಗಳ ನಡುವಣ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು (difference of magnetic potential) ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಒಂದು ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 2.1 ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, XY ಎಂಬುದು H ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಸೂಚಿಸಲಿ. ಈ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ AB ಎಂಬುದು ಈ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರಲಿ, ಈ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ A ಮತ್ತು B ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟದ ಮೌಲ್ಯವು V_A ಮತ್ತು V_B ಗಳಾಗಿರಲಿ ಮತ್ತು ಇದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ P ಮತ್ತು Q ಎಂಬ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿಸಮೀಪದಲ್ಲಿದ್ದು ಅವುಗಳ ಅಂತರವು $PQ = dx$ ಆಗಿರಲಿ. ಹಾಗೆಯೇ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟವು V ಆಗಿಯೂ Q ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ $(V+dv)$ ಆಗಿಯೂ ಇರಲಿ.

ಈಗ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ V ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಈ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು. H ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸತ್ತ್ವವು XY ನೇರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಇದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ Y ಗೆ ಬಲಭಾಗದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಅನಿರ್ದಿಷ್ಟ (ಅನಂತ) ದೂರ (infinity) ದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವವು ಶೂನ್ಯವೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು ಆ ಅನಂತ ದೂರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವನ್ನು ಎಷ್ಟುದೂರ ಚಲಿಸಿದರೂ, ಯಾವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯೂ ಮಾಡಲ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಶೂನ್ಯ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ಪ್ರವೇಶವನ್ನೇ ಮೂಲ ಸ್ಥಾನವನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದರೆ ಅಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಶೂನ್ಯವೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಈಗ ಈ ಅತಿ ದೂರದಿಂದ [ಬಲದಿಂದ ಎಡಕ್ಕೆ] ಅಂದರೆ H ಕ್ಷೇತ್ರಬಲಕ್ಕೆ ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಉತ್ತರಧ್ರುವವನ್ನು ಚಲಿಸಿರಿ, P ಬಿಂದುವನ್ನು ತಲಪುವಾಗ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನೇ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟ ಎಂದು ಕರೆಯು

ಬಹುದು. ಇದನು V ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಅದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ H ಗೆ ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರ dx ಚಲಿಸಿ Q ಬಿಂದುವಿಗೆ ಬಂದರೆ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಕೆಲಸವನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅದ್ದರಿಂದ, Q ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ (V+dV) ಆಗಿರಬೇಕು. P ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ಬಲವು H ಡೈನ್‌ಗಳು. H ಗೆ ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಈ ಧ್ರುವವನ್ನು dx ದೂರ ಚಲಿಸುವಾಗ, ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕಲಸವು – $H.dx$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳು. ಇಲ್ಲಿ xy ಅಥವಾ H ನೇರದಲ್ಲಿ + ಚಿಹ್ನೆಯಾದರೆ, PQ ನೇರದಲ್ಲಿ dx ಗೆ — ಚಿಹ್ನೆಯಿರಬೇಕು.

ಈಗ. V = P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟ

= ಅನಂತ ದೂರದಿಂದ ಒಂದೇ ಏಕಮಾನ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವನ್ನು P ಬಿಂದುವಿಗೆ ತರಲು ಬೇಕಾದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ.

ಹಾಗೆಯೇ (V+dV) = Q ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟ

= ಅನಂತ ದೂರದಿಂದ Q ಬಿಂದುವಿಗೆ, ಏಕಮಾನ ಧ್ರುವ ವನ್ನು. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿರೋಧದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ತರಲುಬೇಕಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ

$$\therefore V_Q - V_P = dV = -H.\,dx$$

ಅಥವಾ $$H = \frac{-dV}{dx} \qquad 2.6$$

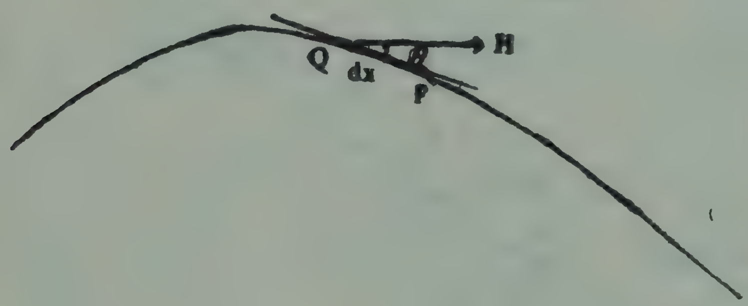
ಅಂದರೆ ಯಾವ ನೇರದಲ್ಲಿಯಾದರೂ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಸತ್ತ್ವದ ಮೌಲ್ಯ = ಅದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರವಣತೆಯ ಋಣಮೌಲ್ಯ (negative gradient of the magnetic potential in that direction). ಇದು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಸೂತ್ರ ಈಗ ವರ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ. A ಮತ್ತು B ಗಳು ಯಾವುದೇ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳಾದರೆ,

$$V_B - V_A = \int_A^B dV = \int_A^B = -H.\,dx$$

ಈ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, H ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ A, B ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವೆ, ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವು ಚಲಿಸುವಾಗ, ಮಾರ್ಗವು ಒಂದೇ ರೀತಿಯಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ನಿಯಮವಿಲ್ಲ. ಈ ಪಥವು A, B ಗಳ ನಡುವೆ. ರೇಖಾತ್ಮಕವಾಗಿಯಾಗಲಿ, ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವ ಪಥದಲ್ಲಿ ಯಾದರೂ ಇರಬಹುದು. ಆದರೆ, dx ದೂರವು H ನೇರದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಇರಬೇಕು. H ಮತ್ತು dx ಗಳು ಲಂಬವಾಗಿರುವಾಗ, ಯಾವ ಕೆಲಸವೂ ಮಾಡಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

A, B ಗಳ ನಡುವೆ ಏಕಮಾನ ಧ್ರುವವು ಚಲಿಸುವ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ H ಪ್ರಮಾಣವು ಏಕರೂಪದಲ್ಲಿರದೇ (non-uniform) ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಾ ಹೋದರೆ, ಆಗ, ನಾವು ಆ ಮಾರ್ಗದ ಪಥವನ್ನು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ d x ವಿಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿ, ಒಂದೊಂದು ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿಯೂ, dx ಗೂ H ದಿಕ್ಕಿಗೂ ಇರುವ ಕೋನವು θ ಆದರೆ, ಆ ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಕೆಲಸದ ಪ್ರಮಾಣವು H Cosθ.dx ಆಗುತ್ತದೆ. ಆಗ,

$$V_B - V_A = \int_A^B - H \cos\theta . dx$$



ಚಿತ್ರ 2.1

2.4. ಒಂದು ಧ್ರುವದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸತ್ತ್ವ ಮತ್ತು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ

o ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ m ಮೌಲ್ಯದ ಧ್ರುವಸತ್ತ್ವದ ಒಂದು ಉತ್ತರ ಧ್ರುವ ವಿರಲಿ. ಇದರಿಂದ ದೂರದಲ್ಲಿ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವ ವಿರಲಿ.ಆಗ, ಈ ಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಬಲಧ್ರುವವು $\frac{m}{\mu x^2}$ ($\overrightarrow{OP}$ ನೇರದಲ್ಲಿ) - ಇಲ್ಲಿ $\mu =$ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆ (C.G.S. ಮಾನ) ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ $\mu = 1$ ಎಂದಿರಬಹುದು. P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚನ್ನ ಶಕ್ತಿ ಮೌಲ್ಯವು V_P ಆದರೆ

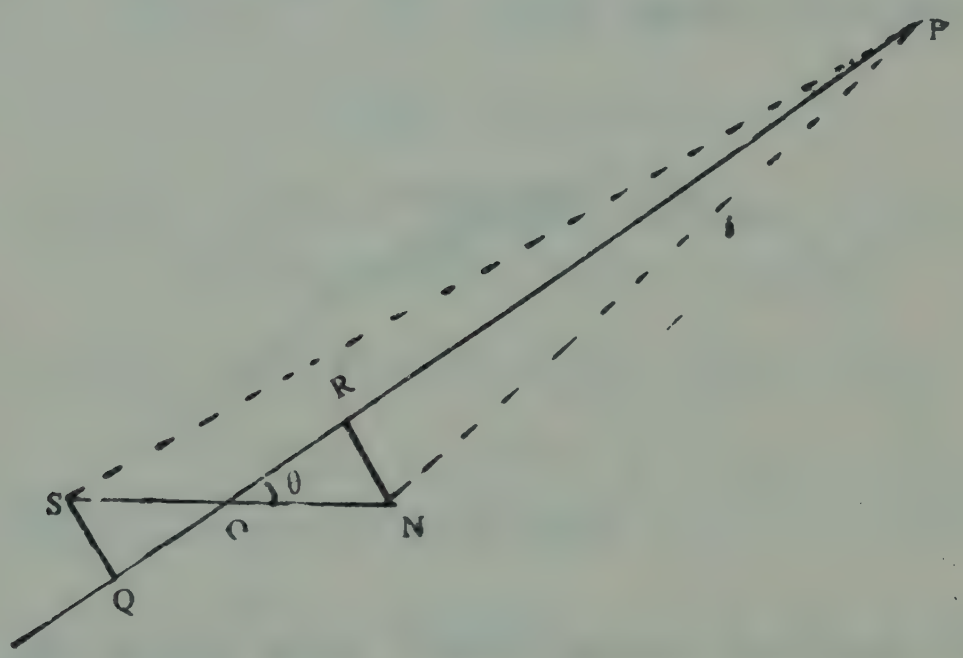
$$V_P = -\int_\infty^x \frac{m}{\mu x^2}$$ (∞ ಇಂದ x ವರೆಗೆ ಒಂದು ಏಕಮಾನವನ್ನು ತರಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ)

$$V_P = \frac{m}{\mu x}$$;ಗಾಳಿ ಅಥವಾ ಶೂನ್ಯದಲ್ಲಿ $V_P = \frac{}{x}$ (C.G.S.) ..2.9

ಅಥವಾ $V_P = \frac{m}{4\pi . \mu_0 . \mu r x}$ ಜೂಲ್/ವೀಬರ್

2.5 ಒಂದು ಸಣ್ಣ ದಂಡಕಾಂತದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ

NS ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ದಂಡಕಾಂತವಾಗಿರಲಿ. ಅದರ ಧ್ರುವಸತ್ತ್ವವು m ಆಗಿಯೂ, ಉದ್ದ = NS = 2l ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವ (magnetic moment) M = 2ml ಆಗಿರಲಿ. O ಎಂಬುದು ದಂಡಕಾಂತದ ಮಧ್ಯ ಬಿಂದು



ಚಿತ್ರ 2.2 ಸಣ್ಣ ದಂಡಕಾಂತದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ

ವಾಗಿಯೂ, OP = x ಆಗಿಯೂ ಇರಲಿ. ಈಗ, ದಂಡಕಾಂತದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರುವ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕಾಗಿದೆ. PO ರೇಖೆಯನ್ನು ವಿಸ್ತರಿಸಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ NR, SQ ರೇಖೆಗಳಾಗಿರಲಿ, OPಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಕಾಂತದ ಉದ್ದ (NS) ವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. PON = θ ಆಗ PN = PR ಮತ್ತು PS = PQ ಎಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. NS ಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವ ಧ್ರುವ ಸತ್ತ್ವಗಳು +m, −m ಆದರೆ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ N ನಿಂದ

ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿ $= \frac{m}{PN} = \frac{m}{PR}$ ಮತ್ತು

P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ Nನಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ $= \frac{m}{PN} = \frac{m}{PR}$

P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ S ನಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ $= \frac{-m}{PS} = \frac{-M}{PQ}$

ಆದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳೆರಡರ ಮೊತ್ತವಾದ ಫಲಿತ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು

$$V = \frac{m-}{PR} - \frac{m-}{PQ} = \frac{m}{OP-OR} - \frac{m}{OP+OQ} = \frac{2\,m.\,OQ}{OP^2-OQ^2} \quad (OQ = OR)$$

P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ $V=\frac{2\ m.\ OQ}{OP^2-OQ^2}=\frac{2m.l.\ Cos\theta}{OP^2-Q^2}=\frac{2ml\ Co\theta}{OP^2}$

ಅಥವಾ $V = \frac{MCos\theta}{x^2}$ ಎರ್ಗ್ ಧ್ರುವಏಕಮಾನ (ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ) 2-10

ಇದನ್ನೇ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ದ್ವಿಧ್ರುವದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. P ಗೂ, ಕಾಂತ (N S) ಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ

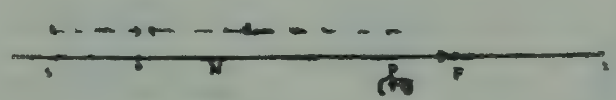
ವ್ಯಾಪ್ಯತೆಯ ಗುಣಾಂಕವು μ ಆದರೆ, $V = \frac{MCos\theta}{\mu x^2}$ 2.11

ಈಗ, P ಬಿಂದುವು (NS) ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೆ ಪಾರ್ಶ್ವಸ್ಥಾನ (end-on-position) ದಲ್ಲಿದ್ದರೆ $\theta = O$ ಅಥವಾ π ಮತ್ತು $V_P = \frac{M}{\mu x^2}$ 2.12

P ಬಿಂದುವು (NS) ಕಾಂತಕ್ಕೆ ಮಧ್ಯಬಿಂದು O ಮೂಲಕ ಎಳೆದ ಲಂಬ ರೇಖೆಯ ಮೇಲೆ ಇದ್ದರೆ, ಇದು ಅಡ್ಡಸ್ಥಾನ (broad-side) ವಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ, $\theta = 90^0$ ಅಥವಾ $\frac{3\pi}{2}$ ಆಗಿ, $V_P = O$ ಆಗುತ್ತದೆ. 2.13

2.6. ದಂಡಕಾಂತದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಬಲವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದು.

(i) ದಂಡ ಕಾಂತದ ಅಕ್ಷದ ನೇರದಲ್ಲಿ (end-on)



ಚಿತ್ರ 2.3 ದಂಡ ಕಾಂತದ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ

NS ಎಂಬ ಒಂದು ದಂಡ ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳ ಸತ್ತ್ವವು m ಆಗಿಯೂ. ಅದರ ಉದ್ದ NS=2l ಆಗಿಯೂ ಇರಲಿ. SN ವಿಸ್ತರಿಸಿದ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ P ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಸತ್ತ್ವವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಉತ್ತರಧ್ರುವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು, N ಮತ್ತು S ಧ್ರುವಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಬಲಗಳ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ +1 ಧ್ರುವಸತ್ತ್ವದ ಏಕಮಾನದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗ ವಾಗುವ ಬಲವು

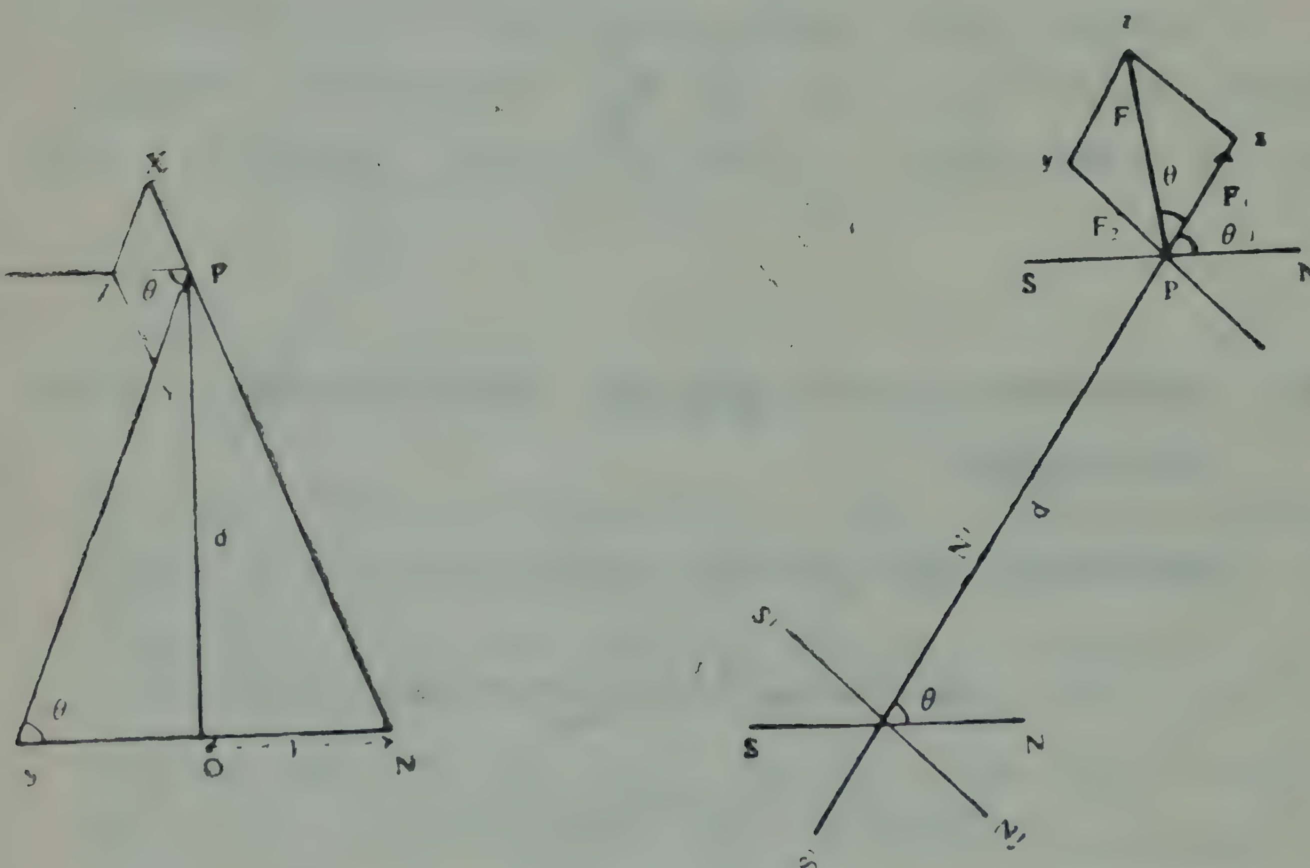
$$F = \frac{m}{NP^2} - \frac{m}{SP^2} \text{ (P × ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ)}$$

$$= \frac{m}{(d-l)^2} - \frac{}{(d+l)^2}$$

$$= \frac{4\ mld}{(d^2-l^2)^2} = \frac{2\ Md}{(d^2-l^2)^2} \text{ [M = 2 ml = ಕಾಂತಮಹತ್ವ]} \quad 2.14$$

ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಕಾಂತವಾಗಿದ್ದರೆ $l^2 \ll d^2$ ಆಗಿ, $F = \frac{2M}{d^3}$ 2.15

ii) ದಂಡ ಕಾಂತದ ಅಡ್ಡ ಪಾರ್ಶ್ವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ



ಚಿತ್ರ 2.4 ದಂಡ ಕಾಂತದ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ 'B' ಸ್ಥಾನ

ಈಗ ಚಿತ್ರ 2.4 (a) ನಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, NS ಎಂಬುದು ಒಂದು ದಂಡ ಕಾಂತ. ಅದರ ಮಧ್ಯ ಬಿಂದು (O) ಮೂಲಕ ಒಂದು ಲಂಬರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆದು, P ಎಂಬ ಒಂದು ಬಿಂದುವನ್ನು ಈ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

$NS = 2l$ $\quad NP = SP = \gamma$ $\quad \gamma = \sqrt{d^2 + l^2}$

$OP = d$ $\quad ZPS = \theta$

$PSO = \theta$ $\quad XPS = 2\theta$

P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ +1 ಸತ್ತ್ವದ ಒಂದು ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಇದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ.

$$\text{N ಧ್ರುವದಿಂದ,} \quad F_1 = \frac{m}{NP^2} = \frac{m}{r^2} = \frac{m}{(d^2+l^2)}$$

ಇದನ್ನು PX ರೇಖೆಯು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

$$\text{S ಧ್ರುವದಿಂದ,} \quad F_2 = \frac{m}{SP^2} = \frac{m}{r^2} = \frac{m}{(d^2+l^2)}$$

ಇದನ್ನು PY ರೇಖೆಯು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಈ ಎರಡು ಬಲಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಸಮವಾಗಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸದಿಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳ (vectors) ಸೂತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಹಾಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಇವುಗಳ ಫಲಿತಬಲವು (resultant) PXZY ಸಮಾನಾಂತರ ಚತುರ್ಭುಜದ ಡಯಾಗನಲ್ ರೇಖೆ PZ ಆಗಬೇಕು.

XPS = 2θ ಆಗಿ, ZPY = θ ಆಗುವುದರಿಂದ, PZ ರೇಖೆಯು NS ಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$$\text{ಫಲಿತ ಬಲ F ಆದರೆ} \quad F = 2 F_1 \text{Cos} \quad = \left(F_1 = F_2 = \frac{m}{r^2} \right)$$

$$= \frac{2\ m}{r^2} \cdot \frac{l}{\quad} = \frac{2\ ml}{r^2}$$

$$= \frac{m}{r^3}$$

$$= \frac{M}{(d^2+l^2)^{3/2}} \quad \text{(PZ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ)} \qquad 2.16$$

ಕಾಂತವು ಅತಿ ಸಣ್ಣದಾಗಿದ್ದರೆ, $l^2 \ll d^2$; $F = \frac{M}{d^3}$

ಈಗ, 2.15 ಮತ್ತು 2.17 ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಸಮೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶವು ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕಾಂತವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದರ ಅಕ್ಷದ ನೇರದಲ್ಲಿ 'd' ದೂರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಿಂದುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವು

$$F = \frac{2M}{d^3}$$

ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ. ಕಾಂತದ ಮಧ್ಯ ಬಿಂದುವಿನ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಲಂಬ ರೇಖೆಯ ಮೇಲೆ ಅದೇ ದೂರ ('d') ದಲ್ಲಿರುವ ಬಿಂದುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವು F^1 ಆದರೆ

$$F' = \frac{M}{d^3}$$

ಆದ್ದರಿಂದ $F/F^1 = 2$ 2·18

ಇದು ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ಅಂಶ – ಬಲಗಳ ವಿಲೋಮ ವರ್ಗ ಸೂತ್ರದ ಪರಿಣಾಮವೆಂದೇ ಇದನ್ನು ಗಣನೆ ಮಾಡಬಹುದು.

(iii) ಸಣ್ಣ ದಂಡ ಕಾಂತದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ

ಚಿತ್ರ 2.4 (b) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ SN ಎಂಬ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕಾಂತವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಅದರ ಮಧ್ಯ ಬಿಂದು (O)ವಿನಿಂದ d ದೂರದಲ್ಲಿರುವ P ಬಿಂದುವನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅದರಲ್ಲಿ +1 ಸತ್ತ್ವದ ಒಂದು ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲವೇ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು F ಆಗಿರಲಿ.

$$OP = d; \quad PON =$$

NS ಕಾಂತದ ಕಾಂತ ಮಹತ್ವ = M ಆಗಿರಲಿ. ಈ ಮಹತ್ವವು ಒಂದು ಸದಿಶ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ ಮೌಲ್ಯ ಮತ್ತು ದಿಕ್ಕುಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿರುತ್ತವೆ. OP ರೇಖೆಯನ್ನು ವಿಸ್ತರಿಸಿ ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ PY ರೇಖೆಯನ್ನು ರಚಿಸೋಣ.

ಅಂದರೆ, SN ಕಾಂತಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ OP ನೇರದಲ್ಲಿ $M\cos\theta$ ಮಹತ್ವದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕಾಂತವೂ. ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ $M \sin\theta$ ಮಹತ್ವದ ಮತ್ತೊಂದು ಸಣ್ಣ ಕಾಂತವೂ ಇದ್ದಂತಾಯಿತು. OP ನೇರದಲ್ಲಿ S′ N′ ಎಂಬ ಸಣ್ಣ ದಂಡ ಕಾಂತವು$M\cos\theta$ಮಹತ್ವವನ್ನೂ ಇದಕ್ಕೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ S″N″ ಎಂಬ ಸಣ್ಣ ದಂಡ ಕಾಂತವೂ ಇದ್ದು ಅದರ ಮಹತ್ವವು $M \sin\theta$ ಆಗಿರಬೇಕು.

ಈಗ S'N' ಕಾಂತದ ಅಕ್ಷವಾದ OP ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವು PX ನೇರದಲ್ಲಿ F_1 ಆಗಿರಲಿ.

$$F_1 = \frac{2M \cos \theta}{d^3} \text{ (2.15 ಸಮೀಕರಣದಿಂದ)}$$

ಅದೇ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ S″N″ ಕಾಂತದ ಮಧ್ಯ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅದರ ಅಕ್ಷದ ಲಂಬದಿಕ್ಕಾದ OP ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ OP = d ಆಗಿಯೂ, ಇದರ ಮಹತ್ವವು M sinθ ಆಗಿಯೂ ಇರುವುದರಿಂದ, ಇದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು PY ನೇರದಲ್ಲಿದ್ದು, ಇದನ್ನು F_2 ಎಂದು ಸೂಚಿಸಿದರೆ,

$$F_2 = \frac{M \cos \theta}{d^3} \text{ (2.17 ಸಮೀಕರಣದಿಂದ)}$$

ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಕೋನವು 90^0 ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಇವುಗಳ ಫಲಿತ ಬಲವು F ಆದರೆ,

$$F = \sqrt{F_1^2+F_2^2} \text{ ಇದರ ದಿಕ್ಕು PZ ಆಗಿರಲಿ}$$

$$ZPX = \phi \text{ ಆಗಿರಲಿ}$$

$$F = \sqrt{\left(\frac{2M \cos\theta}{d^3}\right)^2 + \left(\frac{M \sin\theta}{d^3}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{M^2}{d_6} (\sin^2 \theta + 4 \cos^2 \theta)}$$

$$= \frac{M}{d^3} \sqrt{1 + 3 \cos^3 \theta}$$

$$\text{ಮತ್ತು } \tan \phi = \frac{F_2}{F_1} = \frac{M \sin \theta}{d^3} \Big/ \frac{2M \cos \theta}{d^3}$$

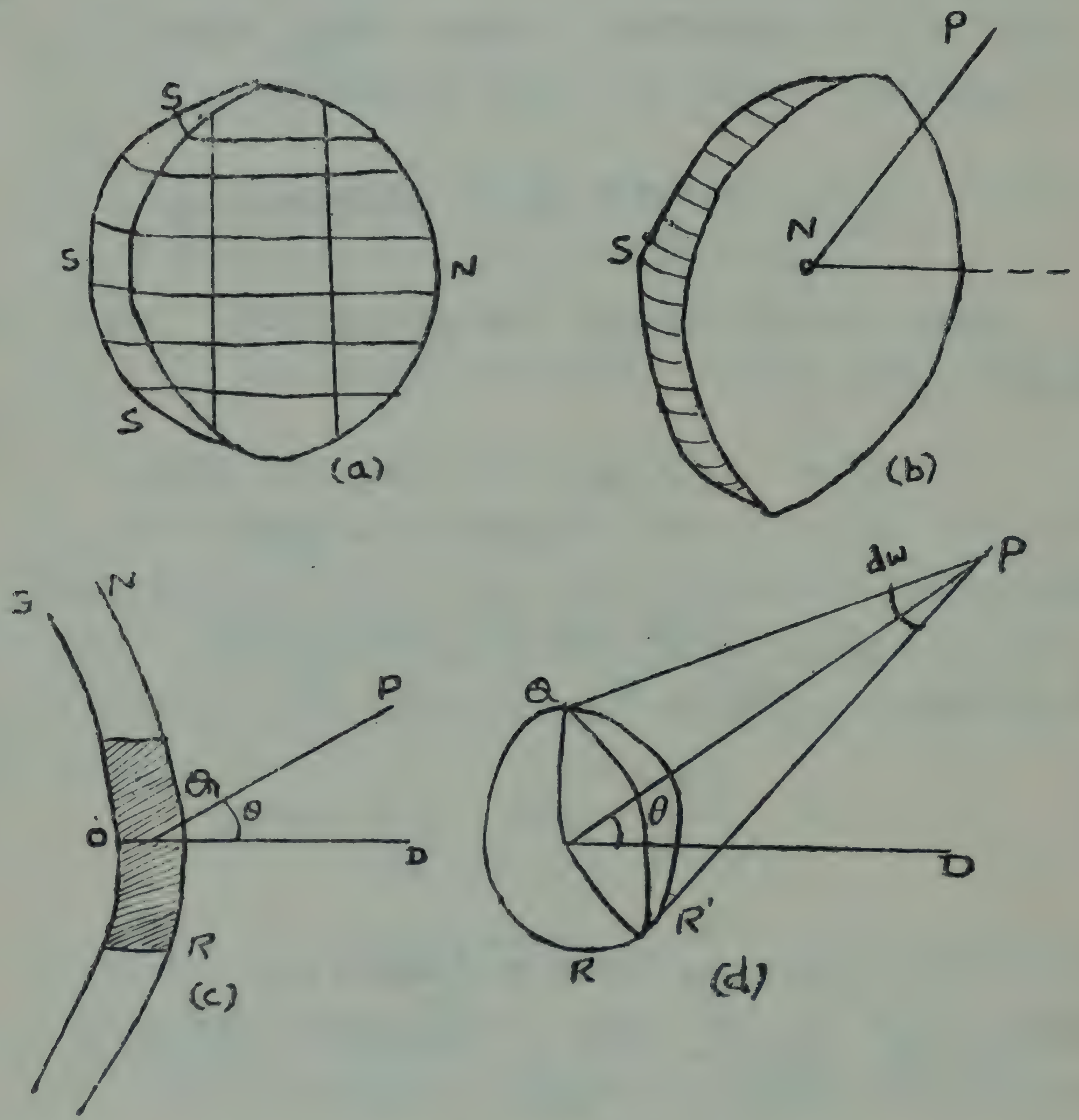
$$= \tfrac{1}{2} \tan \theta$$

$$\text{ಆದ್ದರಿಂದ } \phi = \tan^{-1} (\tfrac{1}{2} \tan \theta)$$

2.7 ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪು

ಅತಿ ತೆಳುವಾದ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವನ್ನು ಕಾಂತೀಕರಿಸಿ (magnetised) ಅದರ ಕಾಂತತ್ತ್ವದ ದಿಕ್ಕು ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅದನ್ನು ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪು ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಅತಿ ಸಣ್ಣ ದಂಡ ಕಾಂತಗಳು

(ಅಂದರೆ ಕಾಂತೀಯ ದ್ವಿಧ್ರುವಗಳು) ಒಂದರ ಅಂಚು ಮತ್ತೊಂದರ ಅಂಚಿನೊಂದಿಗೆ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿರುವಂತೆ ಒಂದು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಸೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟು, ಅವುಗಳ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವಗಳು ಒಂದು ಮುಖದಲ್ಲಿಯೂ, ದಕ್ಷಿಣಧ್ರುವಗಳೆಲ್ಲ ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖವಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಜೋಡಿಸಿದರೆ, ಇದೇ ಒಂದು ಸಮತಲದ ಕಾಂತೀಯ ಫಲಕ (plane sheet) ದಂತೆ ಇದ್ದು ಇದನ್ನೇ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಕವಚದಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.5 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 2.5 ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪು

ಒಂದು ಮುಖವು N ಆಗಿಯೂ, ಮತ್ತೊಂದು S ಅಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಈ ಚಿಪ್ಪನ್ನು ಹಲವಾರು ಸಣ್ಣ ಕಾಂತೀಯ ವಿಭಾಗಗಳ ಸಮೂಹದಂತೆ ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಒಟ್ಟು ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವವು ವಿಭಾಗಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವಗಳ ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ಮುಖದ ಒಂದೊಂದು ವಿಭಾಗದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು 1 ಚ. ಸೆಂ. ಮೀ. ಆದರೆ, ಒಂದೊಂದು ಕಾಂತೀಯ ವಿಭಾಗದ

ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವೂ 1 ಚ. ಸೆಂ. ಮೀ. ಆಗಿದ್ದು, ಅದರ ದಪ್ಪವು ಚಿಪ್ಪಿನ ದಪ್ಪಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ಇಂಥ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ವಿಭಾಗದ ಮಹತ್ವವನ್ನು ಚಿಪ್ಪಿನ ಸತ್ವವೆಂದು (strength of shell) ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದರ ಸಂಕೇತವು ϕ ಆಗಿರಲಿ. ಚಿಪ್ಪು ಬಹಳ ತೆಳುವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಒಂದೊಂದು ಕಾಂತೀಯ ವಿಭಾಗವನ್ನೂ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕಾಂತ ದ್ವಿಧ್ರುವದಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಅಂದರೆ, ಈ ದ್ವಿಧ್ರುವದ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಮಹತ್ವವೇ ಅದರ ಸತ್ವವೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡಬಹುದು.

A = ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ

I_m = ಚಿಪ್ಪಿನ ಕಾಂತತ್ವದ ಮೇಲ್ಮೈ ಸಾಂದ್ರತೆ (surface density)

t = ಚಿಪ್ಪಿನ ದಪ್ಪ

M = ಒಟ್ಟು ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವ, V ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು m ಚಿಪ್ಪಿನ ಕಾಂತ ಸತ್ತ್ವವೂ ಆದರೆ,

$M = m \times t = I_M A.t.$

ಚಿಪ್ಪಿನ ಸತ್ತ್ವ = 1 ಚ. ಸೆಂ. ಮೀ. ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವ (strength of the shell)

$$= \phi = \frac{I_M.A.t}{A} = I_M.t = \text{ಕಾಂತೀಯ ಸಾಂದ್ರತೆ} \times \text{ಚಿಪ್ಪಿನ ದಪ್ಪ}. \quad 2.21$$

1.8 ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪಿನಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ

ಚಿತ್ರ [2.5(a)] ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ SN ಎಂಬುದು ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪಾಗಿದ್ದು ಅದರ ದಪ್ಪವು t ಆಗಿರಲಿ. ಈಗ [2.5 (b)] ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯ ಬೇಕಾಗಿದೆ. ಚಿತ್ರ [2.5 (c)] ರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವಂತೆ, QR ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗವಾಗಿದ್ದು ಇದರ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು A ಆಗಿರಲಿ. ಇದರ ಮಧ್ಯ ಬಿಂದು O ಆಗಿದ್ದರೆ, O P ರೇಖೆಯನ್ನು ರಚಿಸಬೇಕು. OD ಎಂಬುದು ವಿಭಾಗಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದರೆ, $POD = \theta$ ಇರಲಿ. ಈಗ QR ವಿಭಾಗಕ್ಕೆ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿರುವ ಘನಕೋನ (dw) ವನ್ನು (solid angle subtended at P by the area QR) ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಚಿತ್ರ 2.5 (d) ಸಹಾಯವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಈ ಕೋನವು ವಿಭಾಗದ ಪರಿಧಿ (boundary) ಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

$$dw = \text{ಘನಕೋನ} = \frac{A \cos \theta}{OP^2} \quad 2.22$$

ಇಲ್ಲಿ OD ವಿಭಾಗಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದು. POD = θ ಆಗಿದ್ದರೆ, PQR ಶಂಕು (cone) ವಿನಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ QR ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದು ಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಆಗ $QR^1 = QR \cos\theta = A \cos\theta$ ಆಗುತ್ತದೆ.

QR ವಿಭಾಗದ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವ $= I_m.A.t = M$ (ಸಮೀಕರಣ 2.20) ಆದ್ದರಿಂದ, ಇದರಿಂದ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು dE

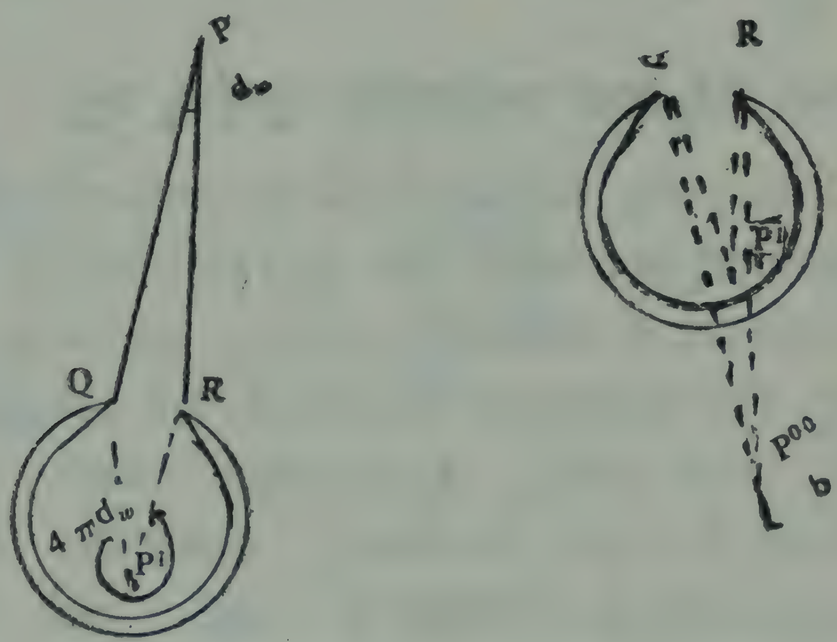
ಆದರೆ. $dE = \dfrac{M \cos\theta}{OP^2}$ (2.10 ಸಮೀಕರಣ)

$$= \frac{I_m.A.t.\cos\theta}{OP^2}$$

$$= I_m.t.d\omega. \text{ (ಸಮೀಕರಣ 2.22)} \qquad 2.23$$

$$= \phi\, d\omega. \text{ (ಸಮೀಕರಣ 2.21)} \qquad 2.24$$

ಹೀಗಾಗಿ. ಇಡೀ ಚಿಪ್ಪಿನಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ E ಆದರೆ. $E = \phi.\omega$. ಇಲ್ಲಿ ω = ಇಡೀ ಚಿಪ್ಪಿನ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅಭಿಮುಖವಾಗುವ ಒಟ್ಟು ಘನಕೋನ, ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಚಿತ್ರ (2.6) ರಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.



a

ಚಿತ್ರ 2.6 ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪಿನಿಂದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ

P ಬಿಂದುವು QR ಗಿಂತ ಹೊರಗಿದ್ದರೆ ಘನಕೋನವು dω ಆದರೆ. P′ ಎಂಬ ಬಿಂದುವನ್ನು ಒಳಗಡೆ ಇರಿಸಿದರೆ (ಚಿತ್ರ 2.6 [a]) ಅಲ್ಲಿ ಘನಕೋನವು (4π–dω)

ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಚಿತ್ರ [2.6 (b)] ವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, P″ ಬಿಂದುವು ಚಿಪ್ಪಿನ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಬಹಳ ಸಮೀಪವಾಗಿದ್ದು ಹೊರಗಡೆ ಇರಲಿ. ಅಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು $\phi \times$QPRಗೆ ಒಳಗಿರುವ ಘನಕೋನ. ಇದನ್ನು ಧನಚಿಹ್ನೆ (+) ಯಿಂದ ಸೂಚಿಸಿದರೆ, ಧನಧ್ರುವದ ಕಡೆ ಇದೆ ಎಂದು ಅರಿಯಬೇಕು. ಹಾಗೆಯೇ P′ ಎಂಬ ಬಿಂದುವನ್ನು ಚಿಪ್ಪಿನ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಿದರೆ ಇದು ಋಣಪಾರ್ಶ್ವ (—) ದ ಕಡೆಯಿರುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ P′ ನಲ್ಲಿಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು $= -\omega \times$QPR ಗೆ ಹೊರಗಿರುವ ಘನಕೋನ $= -\phi(4\pi - \omega)$ ಎಂದು ಇಡಬೇಕು. P ಗೂ ಚಿಪ್ಪಿಗೂ ನಡುವಣ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆ ಗುಣಾಂಕವು μ ಆದರೆ, ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು

$$\frac{\phi\omega}{\mu} \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.}$$

ಇದರಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುವ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು. ಚಿಪ್ಪಿನ ಆಕಾರವು ಹೇಗೆಯೇ ಇರಲಿ ಅದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಇದು ಚಿಪ್ಪಿನ ಕಾಂತೀಯ ಸತ್ತ್ವ (ϕ) ಮತ್ತು ಘನಕೋನ (ω) ಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಚಪ್ಪಟೆ ಅಥವಾ ತೆರೆದ ಚಿಪ್ಪಿಗೆ P ಬಿಂದುವು ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, $\omega = 2\pi$ ಆಗಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು $= +\ 2\pi\phi$ ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ಹಿಂದಿನ ಮುಖಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಅದು $-2\pi\phi$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಧನ ಧ್ರುವವನ್ನು ಒಂದು ಮುಖದಿಂದ ಸುತ್ತಿ ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖಕ್ಕೆ, ಚಿಪ್ಪಿಗೆ ಲಂಬ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಗ ಪಥವು ಚಿಪ್ಪನ್ನು ಸಂಧಿಸದೆ ಇದ್ದರೆ, ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಇದರ ಮೌಲ್ಯವು $4\pi\phi$ ಆಗಬೇಕು.

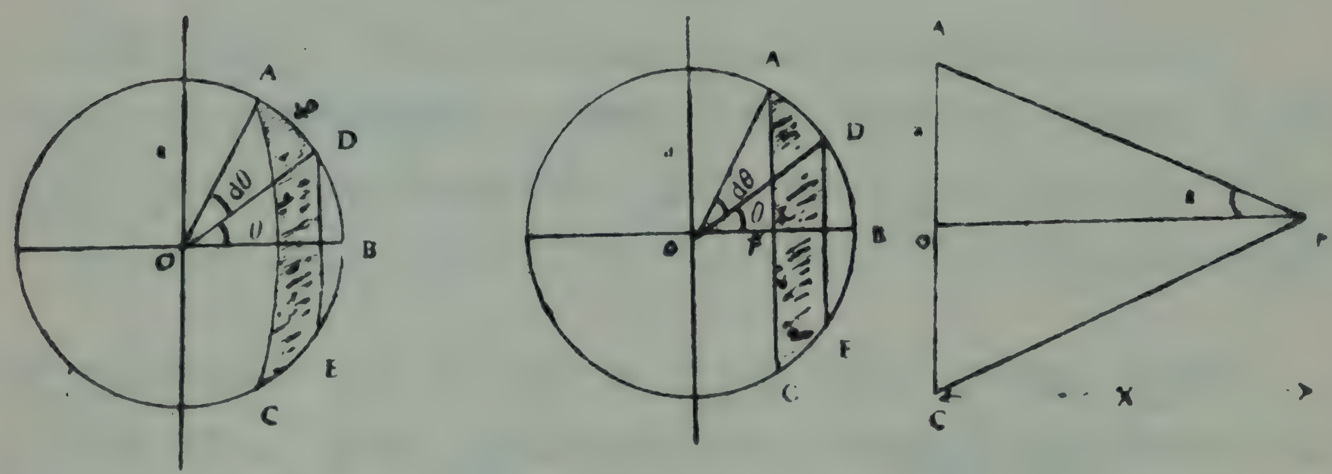
ಈ ಘನ ಚಿಪ್ಪಿನ ಕೋನವು ಆವರಣವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಅದು ಚಿತ್ರ 2.6 (a) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, Q R ಎಂಬ ಅತಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವು ಮಾತ್ರ ತೆರೆದಿದ್ದು, ಉಳಿದಿದ್ದೆಲ್ಲ ಮುಚ್ಚಿದ್ದರೆ, P ಎಂಬ ಹೊರಗಿನ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅಭಿಮುಖ ಘನಕೋನವು ($d\omega$) ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿದ್ದು, P′ ಎಂಬ ಒಳಗಿರುವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಘನಕೋನವು ($4\pi - d\omega$) ಆಗಿದ್ದು, 4π ಎಂದೇ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ಚಿಪ್ಪಿನ ಹೊರಗಿರುವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು ಶೂನ್ಯವೆಂದೂ, ಒಳಗಡೆ ಯಾವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ,

$4\pi\phi$ ಆಗಿಯೂ ಇರಬೇಕು. ಆದರೆ, ಮುಚ್ಚಿದ ಚಿಪ್ಪಿನ ಒಳಗೆ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವು (intensity of the field) ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಅರ್ಧ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಚಿಪ್ಪಿನ ವಕ್ರತಾ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು $2\pi\phi$.

2.9 ಸಮರೂಪ ಸತ್ತ್ವದ ಚಪ್ಪಟೆ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪಿನ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು.

ವರ್ತುಲ ಚಿಪ್ಪನ್ನು ಒಂದು ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗವಾದ ಅತಿ ತೆಳು ವಾದ ಒಂದು ವರ್ತುಲ ಬಿಲ್ಲೆಯಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಚಿತ್ರ 2.7 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರು ವಂತೆ ABC ಎಂಬುದು 'a' ತ್ರಿಜ್ಯದ ಘನಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಒಂದು ಬಿಲ್ಲೆಯಂತಿರಲಿ.



ಚಿತ್ರ 2.7 (ವರ್ತುಲ) ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪಿನಿಂದ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲ

ಈಗ ಈ ಚಿಪ್ಪಿನ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿ ಅದರ ಅಕ್ಷ (OP) ದಲ್ಲಿ P ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅಭಿಮುಖವಾಗುವ ಘನಕೋನವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು (i) ಮತ್ತು (ii) ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿ, ಚಿಪ್ಪಿನ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ (O) ಅದಕ್ಕೆ ಅಭಿ ಮುಖವಾಗುವ ಘನಕೋನದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯೋಣ.

ಚಿಪ್ಪಿನ ಒಂದು ವಿಭಾಗವಾದ ADCE ಯನ್ನು ಮೊದಲು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. AD = ds, DOB = θ, AOD = $d\theta$, OA = a, AF = y ಆದರೆ, [ಚಿತ್ರ 2.7(ii)] ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು $2\pi y.ds$. ಆದ್ದರಿಂದ ABC ಚಿಪ್ಪಿನ ಒಟ್ಟು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು S ಆದರೆ,

$$S = \int_0^\theta 2\pi y.\, ds.$$

$$=\int_0^\theta 2\pi a \sin\theta\, a.\, d\theta$$

$$=2\pi a^2\int_0^\theta \sin\theta\, d\theta$$

$$=2\pi a^2 (1-\cos\theta)$$

ಇಲ್ಲಿ θ=ಚಿಪ್ಪಿನ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಅದರ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿರುವ ಅರ್ಧ ಶಿರಃಕೋನ = (semi-vertical angle) ಆದ್ದರಿಂದ, ಇಡೀ ಚಿಪ್ಪಿಗೆ O ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿರುವ ಘನಕೋನವು $W=\frac{s}{a^2}=2\pi(1-\cos\theta)$

2.26

ಈಗ, ಚಿತ್ರ [2.6 (iii)] ನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ABC ಚಿಪ್ಪಿನ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ P ಎಂಬ ಒಂದು ಬಿಂದುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, OP=x, OA=a, AP= $\sqrt{a^2+x^2}$. ಚಿಪ್ಪಿಗೆ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅಭಿಮುಖವಾಗುವ ಅರ್ಧ ಶಿರಃಕೋನ APO= α ಇದರಿಂದ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅಭಿಮುಖವಾಗುವ ಘನಕೋನವು

$w=2\pi(1-\cos\alpha)$ (2.26 ಸಮೀಕರಣ)

$$\cos\alpha=\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}}$$

ಆದ್ದರಿಂದ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು

$$V=2\pi\phi(1-\cos\alpha)$$

$$=2\pi\phi\left[1-\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}}\right] \qquad 2.27$$

P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವು F ಆದರೆ,

$$F=-\frac{dV}{dx}=-2\pi\phi\frac{d}{dx}\left[1-\frac{x}{(a^2+x^2)^{\frac{1}{2}}}\right]$$

$$=2\pi\phi\left[\frac{(a^2+x^2)^{\frac{1}{2}}-\frac{1}{2}\times 2x\times x\ (a^2+x^2)^{\frac{1}{2}}}{(a^2+x^2)}\right]$$

$$=\left[\frac{1}{\sqrt{a^2+x^2}}-\frac{x^2}{(a^2+x)^{3/2}}\right]2\pi\phi$$

$$= \left[\frac{a^2}{(a^2+x^2)^{3/2}}\right] 2\pi\phi \qquad 2.28$$

$$F = \frac{2\pi\phi a^2}{(a^2+x^2)^{3/2}}$$

ಈಗ M.K.S. ಸಮನ್ವಯೀಕೃತ ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು V_P ಆದರೆ,

$$V_P = \frac{2\pi(1-\cos\theta)\phi}{4\pi\mu_0}$$

ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು 2.29

$$F_P = \frac{2\pi a^2\phi}{4\pi\mu_0(a^2+x^2)^{3/2}} = \frac{a^2\phi}{2\mu_0(a^2+x^2)^{3/2}} \qquad 2.30$$

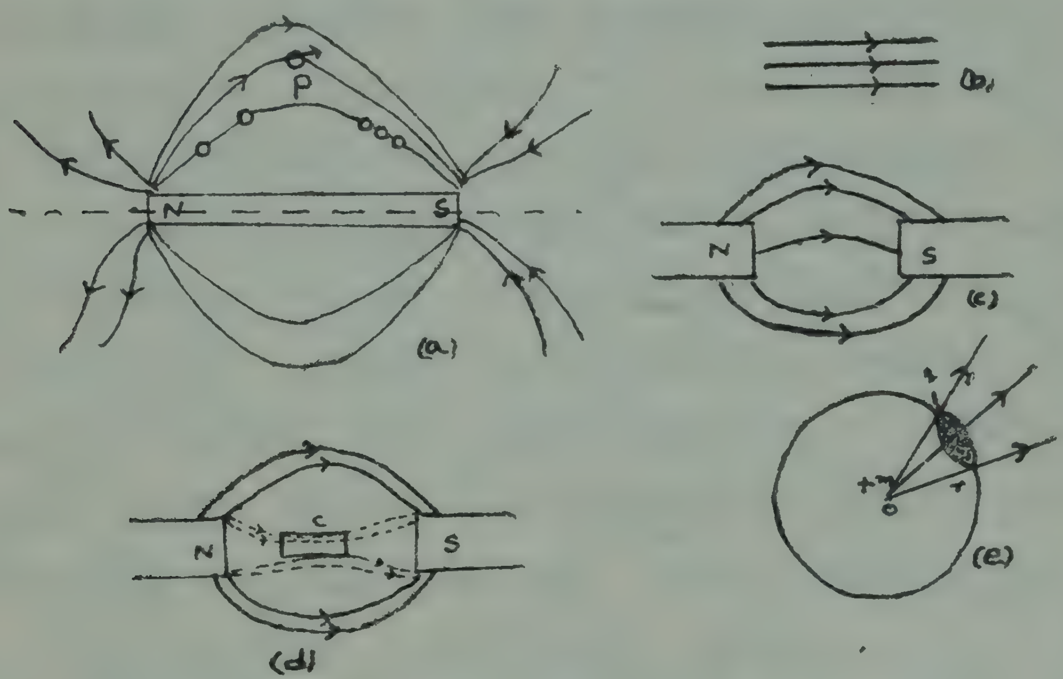
ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪಿನ ತತ್ತ್ವದ ವಿಧಾನದ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಆ ಸುರಳಿಯ ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸಲಾಗುವುದು.

2.10 ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ರೇಖೆಗಳು ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯಬಲದ ನಾಳಿಕೆಗಳು

ಒಂದು ಕಾಂತ ಧ್ರುವದ ಸುತ್ತಲೂ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಒಂದು ಕಾಂತದ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ ಅದರ ಮೇಲೆ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಲವನ್ನು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದನ್ನು H ಎಂಬ ಸಂಕೇತದಿಂದ ಸೂಚಿಸಿದರೆ, ಅದು ಒಂದು ಸದಿಶ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿದ್ದು ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಮೌಲ್ಯವೂ ಒಂದು ದಿಕ್ಕೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಇದರ ಏಕಮಾನವನ್ನು c.g.s. ಮಾನದಲ್ಲಿ 1 ಆಯರ್‌ಸ್ಟೆಡ್‌ಎಂದು ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈಗ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಹೋಗುವಾಗ

ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಬದಲಾಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ದಿಕ್ಕುಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಗುರುತಿಸಲು ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎಳೆಯಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 2.8 ಕಾಂತೀಯ ಬಲರೇಖೆಗಳು

ಈ ಕಾಂತಬಲರೇಖೆಗಳು ಒಂದು ಕಾಂತದ ಸುತ್ತಲೂ ಹೇಗೆ ವ್ಯಾಪಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕಾಂತ ದಿಕ್‌ಸೂಚಿ (pocket compass needle) ಯ ಸಹಾಯದಿಂದ ರೇಖಾಚಿತ್ರದ ಮೂಲಕ ಸುಲಭವಾಗಿ ತಿಳಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಎಳೆಯಬಹುದಾದ ರೇಖೆಗಳ ಸ್ವರೂಪಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ [2.8(a)] ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. NS ಎಂಬುದು ಒಂದು ದಂಡಕಾಂತವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. C ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕಾಂತ ದಿಕ್‌ಸೂಚಿಯಾಗಿದ್ದರೆ ಅದನ್ನು ಮೊದಲು N ಧ್ರುವದ ಹತ್ತಿರ ಇರಿಸಬಹುದು. ಒಳಗಿನ ಮುಳ್ಳು ಅಲುಗಾಡಿ ಕೊನೆಗೆ ಒಂದು ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬಂದ ಮೇಲೆ ಅದರ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನು ದಂಡಕಾಂತದ ಕೆಳಗೆ ಇಟ್ಟಿರುವ ಕಾಗದದ ಮೇಲೆ, ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ಗುರುತಿಸಬೇಕು ಇದರಲ್ಲಿ N ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಸಮೀಪವಾಗಿ ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವವಿದ್ದು ದೂರದಲ್ಲಿರುವುದು ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವಾಗಿರುವುದು. ನಂತರ ದಿಕ್‌ಸೂಚಿಯನ್ನು ತೆಗೆದು ಅದರ ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವವು ಹಿಂದೆ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವನ್ನು ತೋರಿಸಿದ ಬಿಂಧುವಿನಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಇಡಬೇಕು. ಈಗ ಉತ್ತರ ತುದಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ಬಿಂದುವನ್ನು ಗುರುತಿಸಬೇಕು. ಮತ್ತೆ ಇದೇ ವಿಧಾನವನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತ ದಂಡಕಾಂತದ S ಧ್ರುವದವರೆವಿಗೂ ಸ್ಥಾನಭೇದಗಳ ಮೂಲಕ ಗುರುತಿಸುವ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಬೇಕು. ತರುವಾಯ ಈ ಎಲ್ಲ ಬಿಂದುಗಳ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆದರೆ ಇದೇ ಒಂದುಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲದ (line of force)

ರೇಖೆಯಾಗುವುದು. ಹೀಗೆಯೇ ಹಲವಾರು ರೇಖೆಗಳನ್ನು N S ಸುತ್ತಲೂ ವ್ಯಾಪಿಸುವಂತೆ ಎಳೆಯಬಹುದು. ಇವುಗಳಿಂದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಉಪಯೋಗವೆಂದರೆ, ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ರೇಖೆಯಮೇಲೆ P ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲದ ದಿಕ್ಕು ಹೇಗೆ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದರೆ, ಆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ವಕ್ರರೇಖೆಗೆ ಸ್ಪರ್ಶರೇಖೆ (tangent) ಯನ್ನು ರಚಿಸಿದರೆ, ಅದರ ದಿಕ್ಕೇ ಆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಬಲದ ದಿಕ್ಕಾಗಿರಬೇಕು, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ 1 ಏಕಮಾನದ ಉತ್ತರಧ್ರುವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ ಅದು ಚಲಿಸುವ ದಿಕ್ಕೂ ಕೂಡ, ಆ ಸ್ಪರ್ಶರೇಖೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ, N ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ವಿಮುಖವಾಗಿ (away) ಇರಬೇಕು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನಾವು ಎಲ್ಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೂ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ಗುರುತಿಸುವ ಚಿಹ್ನೆಯು ದಂಡಕಾಂತದ N ಧ್ರುವದಿಂದ ಹೊರಟು, S ಧ್ರುವವನ್ನು ತಲಪುವಂತೆ ಇರಬೇಕು ಇಂಥ ಕೆಲವು ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ [2.8 (a)] ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದುವರೆವಿಗೂ ನಾವು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ದಿಕ್ಕುಗಳ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ ಗಮನವನ್ನು ಇಟ್ಟಂತಾಯಿತು. ಆದರೆ, ಈ ಬಲಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಹೇಗೆ ಬದಲಾಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದು ಆವಶ್ಯಕವಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ತೋರಿಸಲು ಫ್ಯಾರೆಡೆ (Faraday) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಾಡಿರುತ್ತಾನೆ. ಈ ಕಲ್ಪನೆಯು ಕ್ಷೇತ್ರಬಲಗಳ ರೇಖೆಗಳನ್ನೂ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲಗಳ ನಾಳಿಕೆಗಳನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿದೆ. ಈ ಕಲ್ಪನೆಯಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು ಯಾವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಚೋದನೆ ರೇಖೆಗಳು ನಿರೂಪಿಸಲ್ಪಡಬೇಕು.

ಈಗ ಚಿತ್ರ [2.8] ರ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. O ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉತ್ತರ ಧ್ರುವದ ಏಕಮಾನವಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸೋಣ. ಈ ಬಿಂದುವಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಸೆಂ. ಮೀ. ತ್ರಿಜ್ಯದ ಒಂದು ಗೋಲಾಕೃತಿಯನ್ನು ಮೇಲ್ಮೈಯ ಒಂದು ಸೆಂ.ಮೀ. ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಆಗ O ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಾಂತ ಬಲ ರೇಖೆಗಳು ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಸರಿಸಿ ಈ ರೇಖೆಗಳು ಸಮರೂಪದಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಹೀಗಿದ್ದರೆ, ಒಂದು ಚ.ಸೆಂ. ಮೀ. ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ರೇಖೆಗಳು O ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಡುವ ಶಂಕುವಿನಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಶಂಕುಕೋನವು 1 ಘನಕೋನ (unit solid angle) ದ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಗಾಳಿ (ಅಥವಾ ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶ) ಎಂದು ಗಣಿಸಿದರೆ ಈ ಘನಕೋನಾಕೃತಿಯ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಾಂತಬಲ ರೇಖೆಯು ಒಂದು ಎಂಬ ಕಲ್ಪನೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ O ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಎಲ್ಲಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವ್ಯಾಪಿಸುವ ಕಾಂತ ಬಲರೇಖೆಗಳ ಒಟ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯು 4π ಆಗುತ್ತದೆ. (ಒಟ್ಟು ಘನಕೋನ 4π) ಅಂದರೆ ಒಂದು

ಏಕಮಾನ ಧನಧ್ರುವದಿಂದಪ್ರಸರಿಸುವ ರೇಖೆಗಳ ಒಟ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆ = 4π ಈಗ O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವಉತ್ತರ ಧ್ರುವದ ಸತ್ತ್ವವು m ಆದರೆ, ಅದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಒಟ್ಟು ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು 4πm ಆಗುತ್ತದೆ.

+m ಧ್ರುವದ ಸತ್ತ್ವದಿಂದ r ಸೆಂ.ಮೀ ದೂರದಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು $\frac{m}{r^2}$ ಆಗುತ್ತದೆ. +m ಧ್ರುವಸತ್ತ್ವದಿಂದ r ಸೆಂ. ಮೀ ತ್ರಿಜ್ಯದ ಒಂದು ಗೋಲಾಕೃತಿಯನ್ನು ರಚಿಸಿ. ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುವ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

+m ಧ್ರುವದಿಂದ ಹೊರಡುವ ರೇಖೆಗಳ ಒಟ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯು 4πm. ಇವುಗಳು ಗೋಳಾಕೃತಿಯ $4\pi r^2$ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದಮೇಲೆ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಇದರ 1 ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುವ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು $\frac{4\pi m}{4\pi r^2} = \frac{m}{r}$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ (H) ವನ್ನೂ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ ಈ ರೇಖೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ಆ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಲಂಬದ ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತವೆ, ಅಂದರೆ 1 ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುವ ಬಲದ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ ಕಾಂತಬಲಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಗಾಳಿಯಾಗಿರದೆ μ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ $H = \frac{m}{\mu r^2}$ ಆಗಿ. $\mu H = \frac{m}{r^2}$ = ಒಂದು ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೂಲಕ ಲಂಬನೇರದಲ್ಲಿ ಹೊರ ಹರಿಯುವ ಬಲದ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ = B ಇಲ್ಲಿ B = ಹೊರ ಹರಿಯುವ ಬಲದ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಇದು 1 ಚ ಸೆಂ ಮೀ. ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಹೊರಹರಿಯುವಿಕೆಯ ಸಾಂದ್ರತೆ flux density) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. B ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸದಿಶಪ್ರಮಾಣವೆಂದೂ ಆದರೆ ಇದು ಒಂದುಚದರ ಸೆಂ. ಮೀ. ಮೂಲಕ ಲಂಬದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಹೊರಹರಿಯುವ ಚೋದನೆ ರೇಖೆಗಳ (lines of induction) ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಏಕಮಾನವನ್ನು 1 ಗೌಸ್[gauss] ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ.

$B = \mu H$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ $\mu = 1$ (ಗಾಳಿಗೆ) ಆದರೆ, B= H ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಕೇವಲ ಸಂಖ್ಯಾಸೂಚಕಮಾತ್ರ H ಎಂಬುದು ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ ಮಾನದಲ್ಲಿಯೂ,

ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವಂತೆಯೂ ಇದ್ದರೆ, B ಎಂಬುದು ಒಂದು ಚ. ಸೆಂ. ಮೀ. ಕ್ಷೆತ್ರಫಲಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವಂತೆ ಅದರಮೂಲಕ ಹೊರಹರಿಯುವ ಚೋದನೆ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. H ಎಂಬುದು ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರೆ, μH ಎಂಬುದು ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಹೊರಹರಿಯುವ ರೇಖೆಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. 1 ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. ಗೆ ಬದಲು S (ಕ್ಷೇತ್ರ ಫಲ) ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರ ಮೂಲಕ ಲಂಬನೇರದಲ್ಲಿ ಹೊರ ಬೀಳುವ ಚೋದನೆ ರೇಖೆಗಳಸಂಖ್ಯೆಯು BS=N ಆಗುತ್ತದೆ. N ಎಂಬುದು ಒಟ್ಟು ಹೊರಹರಿಯುವ ರೇಖೆಗಳನ್ನು (flux) ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೂ ಒಂದು ಏಕಮಾನವಿದ್ದು ಅದನ್ನು ಒಂದು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ (maxwell) ಎಂದು ಕರೆಯ ಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ C.G.S. ಮಾನದಲ್ಲಿ

m = ಧ್ರುವಸತ್ತ್ವವು = 1 e.m.u. (pole strength) ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಏಕಮಾನ. ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ (intensity) H = 1 ಆಯಿರ್ ಸ್ಟೆಡ್.

ಹೊರಹರಿಯುವ ಚೋದನೆ ರೇಖೆಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆ – B =1 ಗೌಸ್ = μH

S ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಮೂಲಕ ಹೊರಹರಿಯುವ ರೇಖೆಗಳು = N = BS = μHS ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ಗಳು ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ M.K.S. ಮಾನದಲ್ಲಿಯೂ ಇವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಏಕಮಾನಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

M.K.S. ಮಾನದಲ್ಲಿ ಧ್ರುವಸತ್ತ್ವದ ಏಕಮಾನವು $\frac{10^8}{4\pi}$ e.m.u. ಆಗಿಯೂ,

1 ನ್ಯೂಟನ್ = 10^5 ಡೈನ್‌ಗಳಾಗಿಯೂ

1 ಚ.ಮೀಟರ್ = 10^4 ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. ಗಳಾಗಿಯೂ ಇರುವುದೆಂದು ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಹೀಗಾಗಿ ಈ ಎರಡು ಪದ್ಧತಿಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಏಕಮಾನಗಳ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಬಹುದು.

ಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ರೇಖೆಗಳ ರೂಪವು ಹೇಗಿರುತ್ತವೆಯೆಂಬುವನ್ನು ಚಿತ್ರ 2.8 (b), (c), (d) ಗಳಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು. (b) ಯಲ್ಲಿ ಸಮರೂಪದ ರೇಖೆ (uniform) ಗಳು ನಿರೂಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. (c) ಯಲ್ಲಿ N.S. ಧ್ರುವಗಳನಡುವೆ ಬಲ ರೇಖೆಗಳು ಬಾಗಿರುವುದನ್ನೂ N ಇಂದ ನಿರ್ಗಮಿಸಿ, S ನಲ್ಲಿ ಸೇರುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

(d) ನೇ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ N, S ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವಣ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ C ಎಂಬ ಒಂದು

ಮೆದು ಕಬ್ಬಿಣದ ದಂಡವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಹೇಗೆ ರೇಖೆಗಳರೂಪವು ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬಹುದು. C ಮೂಲಕ ಹೊರಡುವ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ–ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ರೇಖೆಗಳು ಬಹಳ ಒತ್ತಾಗಿರುತ್ತವೆ–ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೇ ಫ್ಯಾರಡೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಬಲಗಳ

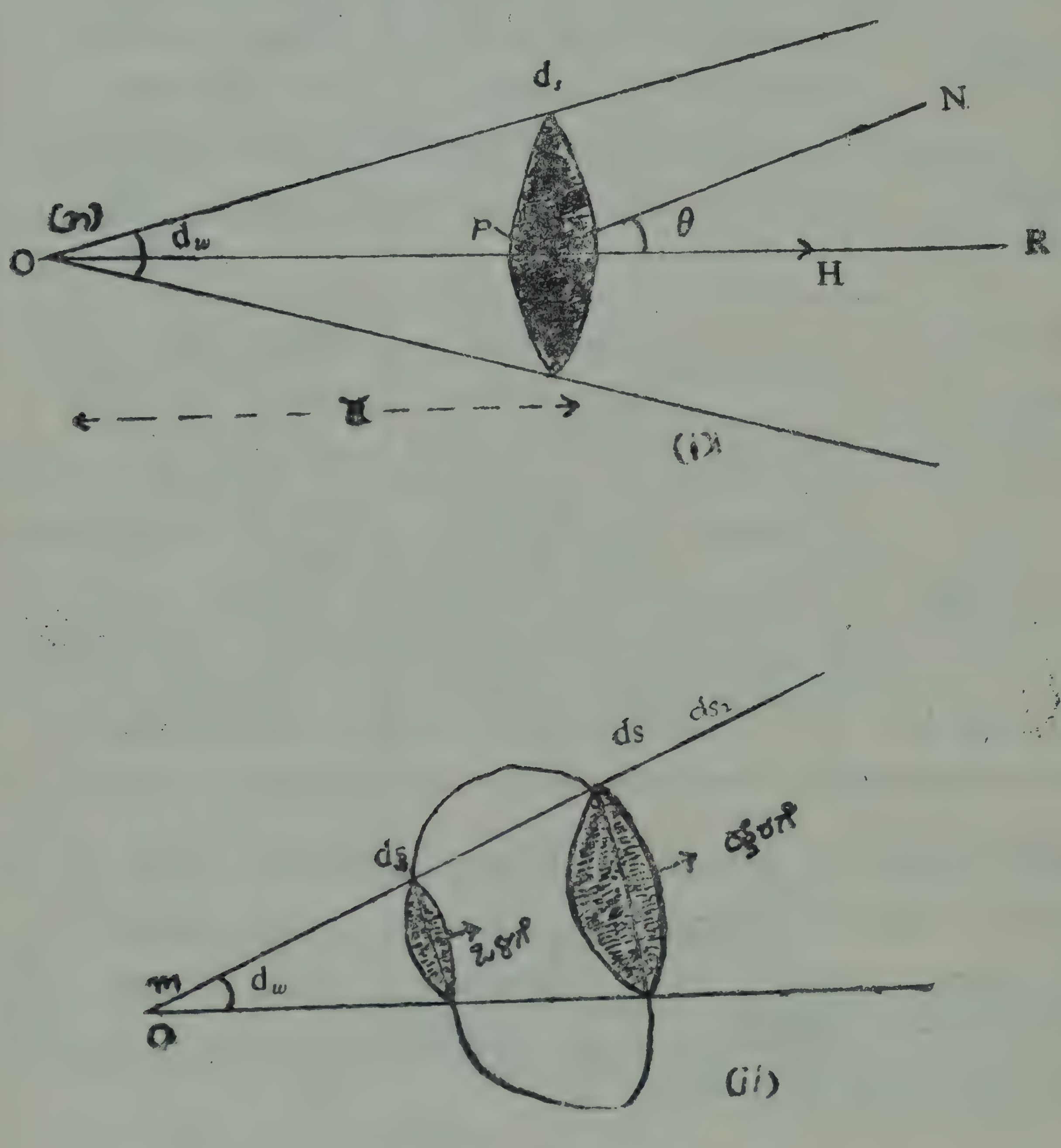
ಪ್ರಮಾಣ	C.G.S. ಏಕಮಾನ	M.K.S. ಏಕಮಾನ	ಎರಡು ಏಕಮಾನಗಳ ಸಂಬಂಧ
ಕಾಂತೀಯ ಧ್ರುವ ಸತ್ವ (m)	e.m.u. (ವಿ.ಕಾಂ.ಏ.)	ವೀಬರ್	1 ವೀಬರ್ $= \frac{10^8}{4\pi}$ e.m.u
ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ (H)	ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್	ಆಂಪಿಯರ್ ಟರ್ನ್ಸ್ ಮೀಟರ್	1 MKS ಏಕಮಾ $= \frac{10^3}{4\pi}$ ಆಯಿರ್ ಸ್ಟೆಡ್
ಹೊರಹರಿಯು ವಿಕೆಯ ಸಾಂದ್ರತೆ B	1 ಗೌಸ್—	ವೀಬರ್ / ಚ. ಮೀಟರ್	1 MKS ಏಕಮಾನ $= 10^4$ ಗೌಸ್
ಹೊರ ಹರಿಯುವಿಕೆ N	1 ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್	ವೀಬರ್	1 ವೀಬರ್ $= 10^8$ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್

ನಾಳಿಕೆಗಳ (tubes of force) ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದನು. ಅವನ ಪ್ರಕಾರ, ಕಾಂತೀಯ ಪರಿಣಾಮಗಳೆಲ್ಲವೂ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಒತ್ತಡ ಅಥವಾ ವಿಕಾರ (strain) ಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಬಲದ ರೇಖೆಗಳ ಉದ್ದದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಳೆತ(tension) ವೂ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡವೂ ಇರಬೇಕೆಂದು ಆತನ ಕಲ್ಪನೆಯಾಗಿದ್ದಿತು.

2.11. ಒಟ್ಟು ಲಂಬಚೋದನೆ – ಗೌಸ್ ಪ್ರಮೇಯ

ಗೌಸ್ ಪ್ರಮೇಯದ ನಿರೂಪಣೆ ಹೀಗಿದೆ : ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲಿನ ಒಟ್ಟು ಲಂಬ ಚೋದನೆಯು 4π x ಅದರೊಳಗೆ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ಧ್ರುವಗಳೆಲ್ಲದರ ಸತ್ತ್ವ. ಮುಚ್ಚಿದ ಮೇಲ್ಮೈಯು ಒಂದು ಗೋಲಾಕೃತಿಯಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ m ಧ್ರುವಸತ್ವದ ಒಂದು ಧ್ರುವ ಇದ್ದರೆ, ಮೇಲ್ಮೈಯು ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುವ ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು $4\pi m$ ಆಗಿರುವುದು ಎಂದು

ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನೇ ಗೌಸ್ ಪ್ರಮೇಯದ ಸಮರ್ಥನೆಯೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಆದರೆ ಈ ಪ್ರಮೇಯದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿರುವುದ ರಿಂದ ನಾವು ಮುಚ್ಚಿದ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಯಾವ ಆಕೃತಿಯನ್ನಾದರೂ ಹೊಂದಿರ ಬಹುದೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 2.9 ಗೌಸ್ ಪ್ರಮೇಯ

O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ m ಧ್ರುವ ಸತ್ತ್ವದ ಒಂದು ಧ್ರುವವಿರಲಿ. ಇದು ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಒಳಗಡೆ ಇರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಮೇಲ್ಮೈಯಿನ d s ಎಂಬ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ವಿಭಾಗವನ್ನು ಆರಿಸಿ, ಅದು O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ d w ಘನ ಕೋನದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಶಂಕುವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಈ ಸಣ್ಣ ಭಾಗವು P ಸುತ್ತಲೂ ಇದ್ದು O P= r ಆಗಿರಲಿ. ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆಯು ಗುಣಾಂಕವು μ ಆಗಿದ್ದರೆ,

P ನಲ್ಲಿ m ಧ್ರುವದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ $= H = \frac{m}{\mu r^2}$

d s ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ P N ಎಂಬುದು ಲಂಬ ರೇಖೆಯಾಗಿದ್ದು, $NPR = \theta$ ಆಗಿರಲಿ.

P N ನೇರದಲ್ಲಿ H ಬಲದ ಅಂಗವು (component) $= H \cos\theta$ ಆದ್ದರಿಂದ, d s ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ ಹೊರ ಬೀಳುವ ಚೋದನೆ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು $\mu H \cos\theta . ds$.

$$= \frac{\mu m \cos\theta ds.}{\mu r^2}$$

$$= \frac{m \cos\theta \; ds.}{r^2}$$

ಆದರೆ, ವಿಭಾಗಕ್ಕೆ O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿರುವ ಘನ ಕೋನವು d w ಆದರೆ,

$$dw = \frac{ds. \cos\theta}{r^2}$$

ಆದ್ದರಿಂದ, d s ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೂಲಕ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ ಹೊರ ಹರಿಯುವ ಚೋದನೆ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು m d w ಆಗುತ್ತದೆ.

ಮುಚ್ಚಿದ ಮೇಲ್ಮೈಯೆಲ್ಲಕ್ಕೂ ಇದನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ,

ಒಟ್ಟು ಲಂಬ ಚೋದನೆ $= \int \mu H \cos\theta \, ds$

$$= \int m \, d\omega$$

$$= m \int d w = 4\pi \; m$$

ಇದೇ ಗೌಸ್ ಪ್ರಮೇಯ.

ಒಂದು ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಬದಲು ಹಲವಾರು ಧ್ರುವಗಳಿದ್ದರೆ.

ಒಟ್ಟು ಚೋದನೆಯು $\Sigma \; 4\pi \; m = 1 \; 4\pi \; \Sigma m$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ವಿಸ್ತರಿಸಿ, m ಧ್ರುವವು ಮುಚ್ಚಿದ ಮೇಲ್ಮೈಯಿನ ಒಳಗಿರದೆ ಇದ್ದರೆ, ಅಂದರೆ O ಬಿಂದುವು ಮೇಲ್ಮೈಯ ಹೊರಗಡೆ ಇದ್ದರೆ, ಒಟ್ಟು ಚೋದನೆಯು O (ಶೂನ್ಯ) ಆಗಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ, ಮೇಲ್ಮೈಯ ಒಳಗಡೆ $\Sigma \; m = O$ ಆಗುವದು. ಇದಕ್ಕೆ ಅರ್ಥವನ್ನು 2.9 (ii) ರ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು.

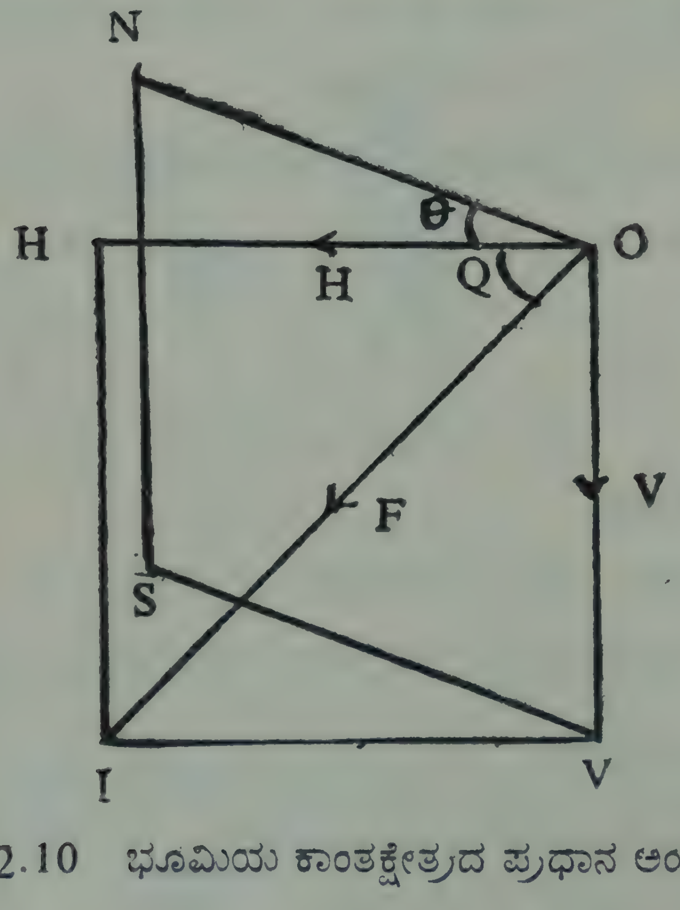
O ವಿಂಬುದ. ಮೇಲ್ಮೈಯು ಹೊರಗಡೆ ಇದ್ದು. ಆದರಿಂದ ಹೊರಡುವ dw ಘನ ಕೋನವನ್ನು ಎಳೆದು ಇವರಲ್ಲಿ ds_1, ಮತ್ತು ds_2 ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಗಳು ಭೇದಿಸಲ್ಪಟ್ಟರೆ (cut)

ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ds ಮೂಲಕ ಪ್ರವೇಶಿಸುವ ಚೋದನೆ ರೇಖೆಗಳು $= m.\,d\,w$ (ಒಳಗಡೆ)

ಮೇಲ್ಮೈಯಿನಿಂದ ನಿರ್ಗಮಿಸುವ (ds_2 ಮೂಲಕ) ರೇಖೆಗಳು $= m\,d\,w$ (ಹೊರಗಡೆ) ಹೀಗೆ ಎರಡೆರಡಾಗಿ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಒಟ್ಟುಗೂಡುವುದರಿಂದ, ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಇಡೀ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಚೋದನೆಯು ಶೂನ್ಯವಾಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

2.12 ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ : ಕಾಂತೀಯ ಅಂಗಗಳು

ಕಾಂತತ್ವವಿಲ್ಲದ ಒಂದು ಸೂಜಿಯನ್ನು, ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ತಿರುವಿಲ್ಲದ ದಾರದ ಮೂಲಕ ಅದರ ಗುರುತ್ವ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ (centre of gravity) ತೂಗುಹಾಕಿದರೆ, ಅದು ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲವಾಗಿ (horizontally) ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಸೂಜಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸಿದರೆ, ಅದು ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತ ಬಲದ



ಚಿತ್ರ 2.10 ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಧಾನ ಅಂಗಗಳು

ನೇರದಲ್ಲಿ ಸಮಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬಂದು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಕಾಂತೀಯ ಮಧ್ಯ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿಯ (magnetic equator) ಹೊರತು ಉಳಿದ ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಅಂತಿಮ ನೇರವು

ಸಮತಲದಿಂದ ಭಿನ್ನವಾಗಿ ಒಂದು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯು ಸಮಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬರುವ ಲಂಬಸಮತಲ (vertical plane) ವನ್ನು ಕಾಂತೀಯ ಮಧ್ಯ ಕ್ಷೇತ್ರ (magnetic meridian) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

I ಎಂಬುದು ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಬಲವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದು ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲ ದೊಂದಿಗೆ ∅ ಕೋನವನ್ನು ಮಾಡುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಇದರ ಸಮತಲವು O H I V [ಚಿತ್ರ 2.10] ಆಗಿದ್ದರೆ, ಈ ಸಮತಲವು O N S V ಎಂಬ ಭೂಮಧ್ಯ ಸಮತಲ (geographical meridian) ದೊಂದಿಗೆ θ ಕೋನ ಮಾಡಲಿ.

ಕಾಂತೀಯ ಮಧ್ಯ ಸಮತಲ ಮತ್ತು ಭೂಮಧ್ಯ ಸಮತಲಕ್ಕೂ ಇರುವ ಕೋನವು θ ಆಗಿದ್ದರೆ. θ = ಭ್ರಂಶ (declination) ಎನಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದು ಕಾಂತೀಯ ದಕ್ಷಿಣೋತ್ತರಕ್ಕೂ ನಿಜ ದಕ್ಷಿಣೋತ್ತರಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಇರುವ ಕೋನ.

ಈಗ I ಎಂಬುದು ಭೂಮಿಯ ಒಟ್ಟು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವಾದರೆ, ಇದು ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ∅ ಕೋನವನ್ನು ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ I ಕ್ಷೇತ್ರಬಲಕ್ಕ H ಮತ್ತು ಅದರ ಲಂಬಸೇರದಲ್ಲಿ V_1 ಎರಡೂ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ಅಂಗ (Components) ಗಳಾಗುತ್ತವೆ.

$$H = I \cos \varnothing$$
$$V = I \sin \varnothing$$
$$I^2 = (H^2 + V^2)$$
$$\tan \varnothing = \frac{V}{H}$$

∅ ಎಂಬುದನ್ನು ಅವನತಿ ಕೋನ (dip) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಕಾಂತೀಯ ಮಧ್ಯರೇಖೆ (magnetic equator) ಯಲ್ಲಿ ∅ = O ಆಗಿಯೂ, ಉತ್ತರ ಮತ್ತು ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವಗಳಲ್ಲಿ (magnetic N & S poles) $\varnothing = 90^0$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಭೂಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಅಂಶಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಮೂರು ಪ್ರಧಾನ ಅಂಗಗಳು ಬೇಕು, (magnetic elements) ಇವುಗಳು, ಭ್ರಂಶ (declination), ಅವನತಿ (dip) ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲವ ಅಂಗ (H) – ಇವುಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಈ ಮೂರು ಅಂಗಗಳು ಭೂಮಿಯ ವಿವಿಧ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಭಿನ್ನ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಒಂದೇಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ, ಇವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು ದೈನಂದಿಕ (diurnal), ವಾರ್ಷಿಕ (annual) ಮತ್ತು ದೀರ್ಘಕಾಲದ (secular) ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ದಿನದ 24 ಘಂಟೆಗಳ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ಆಗುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ರಮಬದ್ಧತೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ 29 ದಿವಸಗಳ ಅವಧಿಯ ಒಂದು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿಯೂ, 11 ವರ್ಷಗಳ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿಯೂ, ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಒಂದು ಕ್ರಮಬದ್ಧ ರೀತಿಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ. ಅನಿರೀಕ್ಷಿತವಾದ ಹಠಾತ್ ಬದಲಾವಣೆಗಳೂ ಆಗಾಗ ಕಾಂತೀಯ ಬಿರುಗಾಳಿಗಳ (magnetic storms) ರೂಪಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಗೂ ಸೂರ್ಯನ ಚುಕ್ಕೆಗಳ (sun spots) ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಿಗೂ ಸಂಬಂಧವಿರುವಂತೆ ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದುವ ಕಾಂತೀಯ ಅಂಶಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಹಲವಾರು ನಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತಾರೆ. (magnetic maps).

2.13 ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತತ್ವದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು

1600ರಲ್ಲಿ ಗಿಲ್ಬರ್ಟ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಭೂಮಿಯನ್ನು ಒಂದು ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಕಾಂತಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದನು. ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲವನ್ನು ಒಂದು ಸಮರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ಭಾವಿಸಿದನು. ಇದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕ್ರಮಬದ್ಧ (regular) ಕಾಂತಬಲವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಮಾಡಿ, ಕಾಂತೀಯ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಉತ್ತರ ಧ್ರುವವು 78°N ಅಕ್ಷಾಂಶ ಮತ್ತು 69°w ರೇಖಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ, ದಕ್ಷಿಣ ಧ್ರುವವು ವ್ಯಾಸದ ಮತ್ತೊಂದು ತುದಿ ಅಂದರೆ, 78°S ಅಕ್ಷಾಂಶ, 249° w ರೇಖಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ ಇರಬೇಕೆಂದು ತೋರಿಸಿದನು. ಇವುಗಳನ್ನು ಕಾಂತೀಯ ಅಕ್ಷ ಧ್ರುವಗಳಂತೆ ಭಾವಿಸಬೇಕು. ಭೂಮಿಯು ಸಮರೂಪವಾದ ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಕಾಂತೀಯತೆಯ ತೀವ್ರತೆಯು (Intensity of magnetisation) 0.075 ಆಗಿರಬೇಕು. ಆದರೆ, ಭೂಗರ್ಭದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತತ್ವವು ಅದರ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಅಕ್ಷದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ಕಾಂತದ ಪರಿಣಾಮವೆಂದು ಕಲ್ಪನೆಮಾಡಿಕೊಂಡು, ಈ ಬೃಹತ್ ಕಾಂತದ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವ [M] (Magnetic moment) ದ ಮೌಲ್ಯವು 8×10^{25} C.K.S. ಮಾನಗಳೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಒಂದೊಂದು ಪ್ರದೇಶದ ಭೂಮಿಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲದ ವಿವಿಧ ಅಂಗಗಳು ಸ್ಥಳ ದಿಂದ ಸ್ಥಳಕ್ಕೆ ಕಾಲದಿಂದ ಕಾಲಕ್ಕೂ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತಿರುವುದ ರಿಂದ, ಇವುಗಳಿಗೆ ಕಾರಣಭೂತವಾದ ಭೂಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲದ ಸ್ವರೂಪವು ಹೇಗಿರಬೇಕು ಎಂಬುದರ ವಿಷಯವಾಗಿ ಹಲವಾರು ಸಂಶೋಧನೆಗಳೂ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಗಳೂ ಹೊರಬೀಳುತ್ತಲೇ ಇವೆ. ಅದರೆ ಇವುಗಳು ಊಹಾತ್ಮಕವಾಗಿಯೇ ಇದ್ದು ಯಾವ ರೀತಿಯ ಸಮ್ಮತವೂ ಕಂಡುಬಂದಿಲ್ಲ. ಆದರೂ, ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ತತ್ತ್ವ ಗಳ ಸ್ಥೂಲ ವಿಮರ್ಶೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಈಗ ಮಾಡಬಹುದು.

ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವಾಸ್ತವ್ಯ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳಿರ ಬಹುದೆಂದು ಇವುಗಳನ್ನು ನಿಯತ ಕ್ಷೇತ್ರ (Regular field) ಮತ್ತು ಅವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಕ್ಷೇತ್ರ (irregulur minor fields) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ನಿಯಮಿತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಭೂಮಿಯ ಒಳಭಾಗದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ, ಒಟ್ಟು ಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ಸುಮಾರು 94% ಪಾಲನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಉಳಿದ 6% ಭಾಗವು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲಿನ ವಾತಾವರಣ ಪ್ರದೇಶ ದಲ್ಲಿ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಂದ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲಿನ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಉನ್ನತಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯ ಅಯನೀಕರಣದಿಂದ (ionization) ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಚಲನೆಗಳು ಏರ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಸುಮಾರು 80 ಕಿ. ಮೀ. ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ಧನ ವಿದ್ಯುದ್ಭರಿತ ಅಯಾನುಗಳೂ ಕೂಡಿಕೊಂಡ ಒಂದು ಅಯಾನ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು (iono-sphere) ಕಲ್ಪಿಸುತ್ತವೆ. ವಾಯುಮಂಡಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳೂ ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಉಚ್ಚ ಮತ್ತು ಅಧೋಮಿತಿಗಳನ್ನು ತಲಪು ವುದರ ದೆಸೆಯಿಂದ ನಯನ ಪ್ರವಾಹಗಳು (convection currents) ಏರ್ಪಡು ತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ಯವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಗೆ ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಕಾರಣವಾಗಿರಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಇವುಗಳು ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಬಹುದು. ಈ ರೀತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಚಲನೆಗಳು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ಯದ ಸುಮಾರು 2% ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ಸಂಭವವಿಲ್ಲ. ದೈನಂದಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಭೂಮಿಯ ಭ್ರಮಣವೇ ಕಾರಣವಾಗಿರಬಹುದು.

ಇನ್ನೂ ಭೂಮಿಯ ಆಂತರಿಕ ಭಾಗಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ನಿಯತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ತತ್ತ್ವಗಳು ಇವೆ. ವಿವಿಧ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಕಬ್ಬಿಣ,

ಕೋಬಾಲ್ಟ್, ನಿಕ್ಕಲ್ ಮುಂತಾದ ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳು ವೇಗವಾಗಿ ಭೂಮಿಯೊಂದಿಗೆ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವುದರಿಂದಲೇ, ಆ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಂತತ್ವವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾಂತತ್ವದ ಪ್ರಮಾಣವು ಭ್ರಮಣದ ಕೋನೀಯ ವೇಗವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಬಾರ್ನೆಟ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ತತ್ತ್ವ. ಒಂದು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ; ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿಯೂ ಇದೇ ವಿಧವಾದ ಭ್ರಮಣದಿಂದ ಕಾಂತತ್ವವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿದ್ದು ಕಾಂತೀಯ ಮತ್ತು ಭ್ರಮಣದ ಅಕ್ಷಗಳು, ಎರಡರಲ್ಲಿಯೂ, ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಕೋನಪಲ್ಲಟವನ್ನೂ ಹೊಂದಿವೆ.

ಬ್ಲಾಕೆಟ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಭೂಮಿ, ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನುತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಹೋಲಿಕೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿದನು. ಅದು ಕೆಳಗಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿದೆ:

	ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವ (M)	ಕೋನೀಯ ಆವೇಗ (U)	M/U
ಭೂಮಿ	8×10^{25}	6×10^{40}	1.131×0^{-15}
ಸೂರ್ಯ	9×10^{33}	1.8×10^{48}	5×10^{-15}

ವರ್ಣಪಟಲದ ಸಮೀಕ್ಷೆಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ ವಿರುವುದಾಗಿಯೂ, ಆದರ ಮೌಲ್ಯವು ಸುಮಾರು 50 ಆಯಿರ್ ಸ್ಟೆಡ್ ಮತ್ತು ಭ್ರಮಣದ ಆವರ್ತ ಕಾಲವು ಸುಮಾರು 27 ದಿವಸಗಳೆಂದೂ ಕಂಡು ಬರುತ್ತ ಇದರಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದಾದ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿಯೂ, ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣಶಕ್ತಿಗೂ ಕಾಂತತ್ವಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧವಿರಬೇಕೆಂದು ಊಹಿಸಬಹುದು.

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಅನುಪಾತವು $\left(\frac{M}{U}\right)$ ಮೌಲದಲ್ಲಿ $\sqrt{\frac{G}{2c}}$ ಗೆ ಸಮನಾಗಿ ಇರುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ G= ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಗುಣಾಂಕ ಮತ್ತು c= ಬೆಳಕಿನವೇಗ. ಹೀಗಿದ್ದರೂ, ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಖಚಿತವಾಗಿ ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮತ.

1953 ನೇ ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮತ್ತೊಂದು ವಿಧವಾದ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದರು. ಇದು ಭೂಮಿಯು ಆಂತರಿಕ ರಚನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಮೇಲ್ಭಾಗದ ಸಿಲಿಕೇಟ್ ಹೊದಿಕೆಯ ಘನ ಹೊದಿಕೆಯ ಕೆಳಗಡೆ ಒಂದು ಕರಗಿದ ಕಬ್ಬಿಣದ ಸ್ತರವೂ ಮತ್ತು ಅದರನ್ನು ಆವರಿಸಿರುವಂತೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಲ್ಲಿರುವ ಅತಿಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ತಿರುಳಿನ (core) ರೂಪದ ಮಧ್ಯಭಾಗ ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಉಷ್ಣನಯನ ಚಲನಗಳ (convection currents) ಪರಿಣಾಮ

ವಾಗಿ ಒಂದು ಸ್ವಯಂಚೋದಕ ಜಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕವ (self exciting dynamo system) ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಬಹುದು. ಮೇಲಿನ ಹೊದಿಕೆಗೂ ಆತಂಕ ಗರ್ಭ (core ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೂ) ನಡುವೆ ಸಂಧಿಸುವ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಣಾಮಗಳೂ (thermo electric effects) ಉಂಟಾಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯು ಇದ್ದು ಇದೇ 'ಡೈನಮೋ' ಗೆ ಕಾರಣವಾಗಬಹುದು. ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ 'ಸ್ಪೂಟ್ನಿಕ್' (sputnik) ಮತ್ತು ಇತರ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವ ಪ್ರಕಾರ ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತತ್ವವು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈನಿಂದ ಸುಮಾರು 66,000 ಮೈಲಿಗಳ ಎತ್ತರದವರೆವಿಗೂ ವ್ಯಾಪಿಸಿರುವುದೆಂದು ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ. ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಭರಿತ ಕಣಗಳು ಈ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಭೂಮಿಯ ಸಮಭಾಜಕವೃತ್ತದ ಸುತ್ತಲೂ, 'ವ್ಯಾನಾ-ಅಲೆನ್ ಬೆಲ್ಟ್ಸ್' (van-Allen belts) ಎಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಎರಡು ಮೇಖಲೆ (belts) ಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಆವಿದ್ಯುತ್‌ಭರಿತ ಕಣಗಳು ರೂಪಿಸಿ ಕೂಳ್ಳುತ್ತವೆ, ಚಂದ್ರನನ್ನು ತಲುಪಿದ ರಷ್ಯನ್ ರಾಕೆಟ್ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಚಂದ್ರನಲ್ಲಿ ಯಾವ ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಇರುವುದಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಗಿಲ್ಲ.

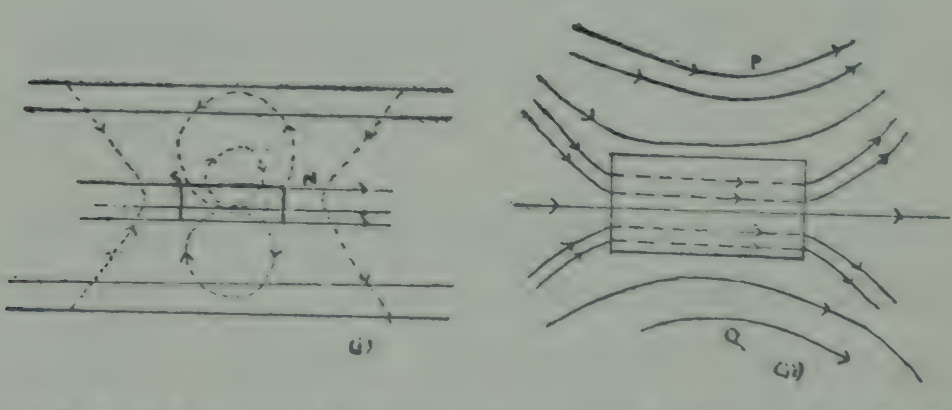
ಈ ಎಲ್ಲ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಾಗುವ ಅಂಶಗಳು ಎರಡು. (1) ಶಾಶ್ವತ ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳ ಖನಿಜ ವಿಶೇಷಗಳ ಶೇಖರದಿಂದಲೇ ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತತ್ವದ ಬಹು ಭಾಗವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. (2) ವಾಯು ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳೂ ಕೂಡ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಾಂತತ್ವದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ, ಏನೇ ಆದರೂ, ಭೂಮಿ ಕಾಂತತ್ವದ ಸಂಬಂಧವಾದ ತತ್ತ್ವ ನಿರೂಪಣೆಯು ಇನ್ನೂ ಅಪೂರ್ಣವಾಗಿಯೇ ಉಳಿದಿರುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ನಿಖರವಾದ ತತ್ತ್ವವು ಅವ್ಯಕ್ತವಾಗಿಯೇ ಇದೆ.

3. ವಸ್ತುಗಳ ಕಾಂತತ್ವ ಗುಣಗಳು

3.1 ಕಾಂತೀಯತೆಯ ಕೆಲವು ಲಕ್ಷಣಗಳ ನಿರ್ದೇಶನ

ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಯೆನ್ನು ಹೊಂದದೆ ಇರುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸಲು (induce) ಮತ್ತೊಂದು ಕಾಂತ ವಸ್ತುವಿನ ಸಂಪರ್ಕವಾಗಲಿ. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವವಾಗಲಿ ಅವಶ್ಯವೆಂದು ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಈಗ. ಹೀಗೆ ಪ್ರೇರೇಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಯ ತೀವ್ರತೆಯು (intensity of magnetisation) ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವ ವಿಧಾನ ರೀತಿಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು.

ಕಾಂತತ್ವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇರಿಸಿದರೆ. ಕಾಂತ ಅಣು (molecular magnets) ಗಳ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಓರಣ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. (oriented) ಹೀಗಾಗಿ ಎಲ್ಲ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳೂ ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ. ಈ ವಸ್ತುವು ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇರುವಾಗ. ಎರಡು ಬಗೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲರೇಖೆಗಳು ಏರ್ಪಡುತ್ತವೆ. (i) ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಫಲವಾಗಿಯೇ ಉದ್ಭವಿಸುವ ರೇಖೆಗಳು. ನಾವು ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುವ ವಸ್ತುವು ಇಲ್ಲದಿರುವಾಗಲೂ ಈ ರೇಖೆಗಳು ಇದ್ದೇ ಇರುತ್ತವೆ. (ii) ವಸ್ತುವು ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದುವುದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ರೇಖೆಗಳು. ಈ ಎರಡನೆಯ ಮಾದರಿಯ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಕಾಂತೀಯತ್ವದ ರೇಖೆಗಳೆಂದು (lines of magnetisation) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 3.1 ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ರೇಖೆಗಳ ಸ್ವರೂಪ

ಕಾಂತತ್ವವಿಲ್ಲದ ಒಂದು ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯ (ಮೆದು ಕಬ್ಬಿಣ)ನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲದ ರೇಖೆಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು

ಚಿತ್ರ (3.1) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ, ಪೂರ್ಣ ರೇಖೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳು. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಮೆದು ಕಬ್ಬಿಣದ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತತ್ವವು ಪ್ರೇರೇಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಅದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, N–S ಎಂಬ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಪ್ರೇರೇಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿ ಯಿಂದಲೇ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ವಿಭಿನ್ನ ಗೆರೆ (dotted lines) ಗಳಿಂದ ತೋರಿಸಿವೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಎರಡು ಮಾದರಿಗಳ ರೇಖೆಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದ ರಿಂದ. ಒಂದು ಫಲಿತ ಕ್ಷೇತ್ರವು (resultant field) ರೂಪಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ, ಇದರ ಅಂತಿಮ ರೇಖೆಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಚಿತ್ರ (b) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ–ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿಯೊಳಗೆ ರೇಖೆಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಇದರ ಹೊರಗಣ ಆವರಣದಲ್ಲಿಯೂ ರೇಖೆಗಳ ನೇರಗಳು (P–Q) ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತವೆ - ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ರೇಖೆಗಳೆಲ್ಲವೂ (lines of induction) ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದುದೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಡಬೇಕು.

ಒಂದು ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ವಸ್ತುವಿನೊಳಗೆ ಕಾಂತ ರೇಖೆಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾದರೆ, ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಣೆ (ಅಥವಾ ಚೋದನೆ) ಯ ರೇಖೆಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬೇಕು. ಈ ರೇಖೆಯು ಆ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಹೊರ ಆವರಣ (ಅಥವಾ ನಿರ್ವಾತ ಪ್ರದೇಶ) ವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುವಾಗ, ಅದನ್ನು ಬಲ ರೇಖೆ (line of force) ಯೆಂದೇ ಗಣಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಅಂದರೆ, ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆಯಲ್ಲಿ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು.

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವಾಗ, ಈ ಗುಣವು ಇಡೀ ಗಾತ್ರವನ್ನೇ ಪ್ರಸರಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯ ಬೇಕು. ಅದರ ಒಳಗಡೆ ಹಲವಾರು ದ್ವಿಧ್ರುವ (NS) ಕಾಂತಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದೇ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ, ಹೀಗೆ ಉತ್ಪನ್ನ ವಾಗುವ ಒಂದೊಂದು ಸಣ್ಣ ಕಾಂತದಲ್ಲಿಯೂ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳಿದ್ದು ಅವುಗಳ ಸತ್ತ್ವವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ–ಹೀಗೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಎಲ್ಲಾ ಸಮಾನ ಗುಣಕಾಂತ ಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಪೇರಿಸಿ, ಅಳವಡಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಕಾಂತದ ಸೃಷ್ಟಿ ಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದರ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವವು (magnetic moments) ಅದರ ಗಾತ್ರ (volume) ವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಂದು ಸಣ್ಣ ತುಂಡು ಕಾಂತದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು ಒಂದು ಏಕಮಾನ (ಒಂದು ಚ,ಸೆಂ.ಮೀ.) ಆಗಿದ್ದು ಕಾಂತ ಧ್ರುವಸತ್ತ್ವವು m ಆಗಿಯೂ, ಉದ್ದವು 1 ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ, ಇಂಥ 6 ಕಾಂತಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟು ಜೋಡಿಸಿದರೆ, ಒಟ್ಟು ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವವು

NS–NS–NS
NS–NS–NS

ಅಥವಾ

NS–NS
NS–NS
NS–NS

6 ml ಅಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ (2m x 3l) ಅಥವಾ (3m x 2l) ಆಗಬಹುದು ಹೀಗಾಗಿ ಒಟ್ಟು ಮಹತ್ವವು $M = m \times 6l = 6ml = m \times$ ಒಟ್ಟು ಗಾತ್ರ. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಕಾಂತೀಯತೆಯ ತೀವ್ರತೆ (intensity of magnetisation) ಯನ್ನು ಹೀಗೆ ನಿರ್ದೇಶನ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದರ ಸಂಕೇತವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ I ಎಂದು ಇರುತ್ತದೆ.

I = ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಗಾತ್ರ (unit volume) ದ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವ $= \frac{M}{V}$

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಉದ್ದವು l, ಅಡ್ಡ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ $\propto$, ಕಾಂತೀಯ ತೀವ್ರತೆ I ಒಟ್ಟು ಮಹತ್ವ M ಆದರೆ,

$$I = \frac{M}{\alpha l} = \frac{m}{\alpha}$$ (ಇಲ್ಲಿ m = ಧ್ರುವಸತ್ವ)

= ಏಕಮಾನ ಅಡ್ಡಕ್ಷೇತ್ರಫಲ (unit cross section) ದ ಧ್ರುವ ಸತ್ವ.

ಕಬ್ಬಿಣ ಮತ್ತು ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಇತರ ವಸ್ತುಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯತೆಯ ತೀವ್ರತೆಯು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣ (proportional) ವಾಗಿರುತ್ತದೆ – ಆದ್ದರಿಂದ

$\frac{I}{H} = K =$ ವಸ್ತುವಿನ ವೇದನೀಯತೆ = K ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು
(susceptibility)

$$I = KH \qquad 3.3$$

ಇಲ್ಲಿ K ಎಂಬ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಗಾತ್ರದ ವೇದನೀಯತೆ (volume susceptibility) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ.

ವಸ್ತುವಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ρ ಆದರೆ.

$\frac{K}{\rho} = x =$ ದ್ರವ್ಯ ವೇದನೀಯತೆ

ಹಾಗೆಯೇ A = ಪರಮಾಣು ತೂಕ (atomic weight) ಆದರೆ.

$x_A = Ax$ = ಪರಮಾಣುವೇದನೀಯತೆ 3.4

ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳೂ ತಮ್ಮ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ - ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳು ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಕಾಂತೀಯತೆಯ ನೇರವನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಅನುಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳೆಂದು (para-magnatics) ಕರೆಯಬಹುದು. ಇವುಗಳ ವೇದನೀಯ ತೆಯ ಗುಣಾಂಕ (K) ವು ಧನ (positive) ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಕೆಲವೇ ವಸ್ತುಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದವು: ಆಮ್ಲಜನಕ. ಅಪೂರ್ವಮೃತ್ತಿಕೆ ಗಳು (rare earths), ಪ್ಲಾಟಿನಂ, ಪಲೇಡಿಯಂ ಮತ್ತು ಟೈಟೇನಿಯಂನಿಂದ ನಿಕ್ಕಲ್‌ವರೆಗಿನ ಲೋಹಗಳು.

ಅಡ್ಡಕಾಂತೀಯಗಳು (diamagnetics) ಎಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ಗುಂಪಿನ ವಸ್ತುಗಳೂ ಇವೆ. ಇವುಗಳು ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದುವ ನೇರವು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೇ ಹೆಚ್ಚು. ಇವುಗಳ ವೇದನೀಯತೆಯು ಅಲ್ಪಪ್ರಮಾಣವಾಗಿದ್ದು, ಋಣ (negative) ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ "ಬಿಸ್ಮತ್"ಗೆ $K = -0.000014$.

ಮೂರನೆಯ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಕಬ್ಬಿಣ, ನಿಕ್ಕಲ್, ಕೋಬಾಲ್ಟ್, ಗೆಡೋಲಿನಿಯಂ ಮತ್ತು ಉಕ್ಕು, ಇತರ ಮಿಶ್ರ ಲೋಹಗಳು ಸೇರಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಅಯಸ್ಕಾಂ-ತೀಯಗಳು (ferromagnetics) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಪ್ರೇರೇಪಕ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ವೇದನೀಯತೆಯೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಈ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವಾಗ, ಅದು ಯಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ - ಈ ಗುಣಾಂಕವು ಧನವಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ.

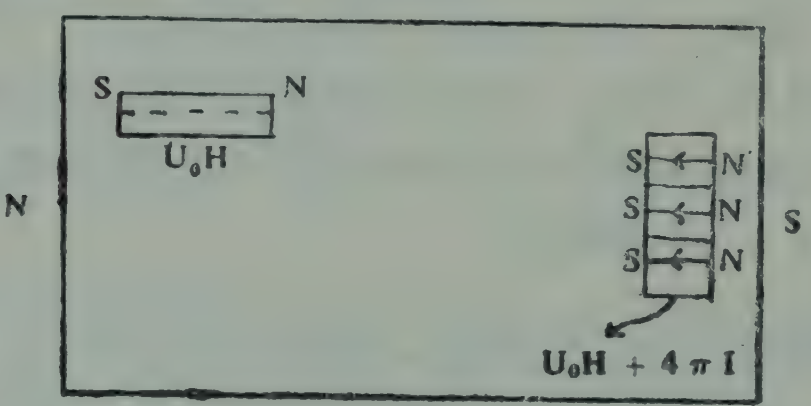
ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆ (B)

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿಯೂ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ, ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಧ್ರುವ ಸತ್ವದಿಂದ ನಿರ್ಗಮಿಸುವ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು 4π.

ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಮೂಲಕ ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಹಾಯುವ ಪ್ರೇರೇ ಪಣೆಯ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಪ್ರೇರೇಪಣೆ (B) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆಯ ಗುಣಾಂಕವು (μ) ಆದರೆ, $B = \mu H$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ತಿಳಿಸಿದ್ದಾಗಿದೆ. ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು H ಆದರೆ ds ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಮೂಲಕ ಲಂಬನೇರದಲ್ಲಿ ಹಾಯುವ ರೇಖೆಯು $B \cdot ds = \mu \cdot H \cdot ds$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ಏಕಮಾನವು (ಗೌಸ್). ಚಿತ್ರ (3.1) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಲರೇಖೆಗಳು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದುವು. ಕಾಂತದ N ಧ್ರುವದಿಂದ ನಿರ್ಗಮಿಸಿ, ಬಾಹ್ಯ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಹಾಯ್ದು, S ಧ್ರುವದಲ್ಲಿ ಆಗಮಿಸಿ, ಕಾಂತದೊಳಗಡೆಯೂ ಹಾಯ್ದು, ಮತ್ತೆ N ಧ್ರುವವನ್ನು ಸೇರುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಈ ರೇಖೆಗಳು ಮುಚ್ಚಿದ ವಕ್ರರೇಖೆಗಳು (closed curves). ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಧನ ಧ್ರುವದಿಂಪ ಹೊರಗಡೆ, ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಕೋಶದ ಋಣ ಧ್ರುವವನ್ನು ತಲಪಿ, ಮತ್ತೆ ಕೋಶದೊಳಗೆ, ಧನ ಧ್ರುವವನ್ನು ತಲಪುವ ನಿದರ್ಶನಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು.

3.2. ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವಿನ ಒಳಗಡೆ ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆ (ಪ್ರೇರೇಪಣೆ)



ಚಿತ್ರ 3.2 ಕಾಂತದೊಳಗೆ ಪ್ರೇರೇಪಣೆ

ಈಗ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇರಿಸಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸೋಣ. ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು H ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್‌ಗಳಾಗಿಯೂ. ವಸ್ತುವಿನ ಕಾಂತೀಯತೆಯ ತೀವ್ರತೆಯು I ಆಗಿಯೂ ಇರಲಿ. ಈ ವಸ್ತುವಿನ ಒಳಗಡೆ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅಂಗಗಳಿವೆ: (i) ಈ ವಸ್ತುವು ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದದೆ ಇರುವಾಗ ಅದರಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರೇರೇಪಣೆ (ii) ಮತ್ತು ಈ ವಸ್ತುವು ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದಮೇಲೆ ಇದರಿಂದಲೇ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರೇರೇಪಣೆ.

ವಸ್ತುವಿನ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆಯ ಗುಣಾಂಕವು μ ಆಗಿರಲಿ. ಹೊರಗಿನ ಆವರಣದ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆಯ ಗುಣಾಂಕವು μ_0 ಆಗಿರಲಿ. ಈ ವಸ್ತುವಿನೊಳಗೆ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಸೀಳುಗಂಡಿಯನ್ನು (slit) ಕತ್ತರಿಸಿದಂತೆ ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡೋಣ. ಇದರ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ N–S ಧ್ರುವಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ (b)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ಕಂಡಿಯು ಧ್ರುವಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರೇರೇಪಣೆ ರೇಖೆಗಳು ಹಾಯುತ್ತವೆ. ಈ ಕಂಡಿಯು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಉದ್ದವಾಗಿಯೂ, ಸಂಕುಚಿತವಾಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ, ಕಂಡಿಯ ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವ ಧ್ರುವಗಳು ಪರಿಣಾಮ

ಕಾರಿಗಳಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅದರೊಳಗೆ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯು $\mu_o H$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ μ_o = ಕಂಡಿಯ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆ ಗುಣಾಂಕ. ಇದು ಶೂನ್ಯವೆಂದು ತಿಳಿದರೆ, $\mu_o = 1$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ನಾವು ಛೇದಿಸಿರುವ ಕಂಡಿಯು ಕಾಂತೀಯ ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದರೆ, ಇದರ ಎರಡು ಮುಖಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಕ್ಕೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಧ್ರುವ ಸತ್ವವು I ಆಗಿರಬೇಕು. ಇಲ್ಲಿ I = ಕಾಂತೀಯತೆಯ ತೀವ್ರತೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. ರಂಧ್ರಕ್ಕೆ ಲಂಬನೇರದಲ್ಲಿ ನಿರ್ಗಮಿಸುವ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು $4\pi I$. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ಆಗಲೇ ತಿಳಿಸಿದ $\mu_o H$ ಇದ್ದೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಈ ಕಂಡಿಯಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯು B ಆದರೆ,

$$B = \mu_o H + 4\pi I \qquad 3.5$$

$\mu_o = 1$ ಆದರೆ, $B = H + 4\pi I$ 3.6

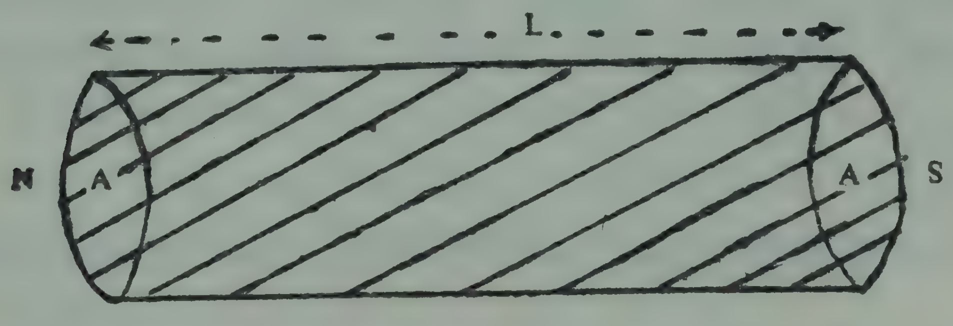
ಅಥವ $\frac{B}{H} = 1 + 4\pi \frac{I}{H}$

$$\frac{B}{H} = \mu \therefore \mu = 1 + 4\pi \frac{I}{H} = 1 + 4\pi K \qquad 3.7$$

ಅನುಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ, $\mu > 1$ ಅಡ್ಡಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ $\mu < 1$.

3.3. ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪದಾರ್ಥದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿ

ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದುವ ವಸ್ತುವಿನ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ, ಅದರಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತೀಯತೆಯ ಕ್ರಮವನ್ನು ಗಮನಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 3.3 ಕಾಂತೀಯ ಪದಾರ್ಥದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿ

ವಸ್ತುವಿನ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು A ಆಗಿಯೂ ಅದರ ಉದ್ದವೂ L ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ, ಕಾಂತೀಯತೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಇದರ ಎರಡು ಮುಖಗಳಲ್ಲಿಯೂ N-S

ಧ್ರುವಗಳು ಉದ್ಭವಿಸುವುದಾಗಿ ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಬಹುದು. H ಎಂಬುದು ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವಾಗಿರುವಾಗ ಕಾಂತೀಯತೆಯ ತೀವ್ರತೆಯು I ಆಗಿರಲಿ. ಈ ತೀವ್ರತೆಯು I ಇಂದ I+d I ಗೆ ವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದುವಾಗ, ಎರಡು ತುದಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಧ್ರುವಗಳ ಸತ್ವಗಳ Ad I ಆಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕಾದರೆ, ನಾವು ಈ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು. ಮೊದಲು S ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ, ನಂತರ, H ಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ N ಧ್ರುವವು L ದೂರ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. S ಧ್ರುವದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ Ad I ಧ್ರುವಸತ್ವವು ಹಾಗೆಯೇ ಇದ್ದು, ಅದೇ ಸತ್ವದ N ಧ್ರುವವು L ದೂರದ ಮೂಲಕ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

N ಧ್ರುವದ ಮೇಲೂ ಒಟ್ಟು ಬಲ $= H.A.dI$ ಡೈನ್

ಇದು ಒಯ್ಯಲ್ಪಡುವ ದೂರ $= L$ ಸೆಂ.ಮೀ.

ಆದ್ದರಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ $= H.\ A.\ d I.\ L.$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳು.

ವಸ್ತುವಿನ ಗಾತ್ರ V ಆದರೆ. $V = AL$.

ಹೀಗಾಗಿ, ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ $= V.\ H.\ dI.$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳು.

ಇದೇ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ, ವಸ್ತುವಿನ ಇಡೀ ಕಾಂತತ್ವವು ಹಂತ ಹಂತವಾಗಿ ಏರುವಂತೆ ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅಂತಿಮ ಕಾಂತೀಯ ತೀವ್ರತೆಯು I ಆಗಿದ್ದರೆ, ಇದನ್ನು ಕ್ರಮ ಕ್ರಮವಾಗಿ O ನಿಂದ I ವರೆವಿಗೆ ವೃದ್ಧಿಯಾದಂತೆ ಭಾವಿಸಬೇಕು.

ಒಟ್ಟು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು W ಆದರೆ,

$$W = V \int_0^I H.\ dI. \text{ ಎರ್ಗ್‌ಗಳು.}$$

ಇದಕ್ಕೆ ಸಮನಾದ ಶಕ್ತಿಯು ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿಯು E ಆದರೆ,

$$E = \int_0^I H.\ dI. \quad \text{(ಎರ್ಗ್‌ಗಳು)} \qquad 3.8$$

ಈ ಕಾಂತೀಯತ್ವವು ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪಡೆಯಬಹುದಾದ್ದರಿಂದ, ಅನುಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅವುಗಳ ವೇದನೀಯತೆಯ ಸಂಖ್ಯೆಯು (K) ನಿಯತವಾಗಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ $I = KH$ (K= ನಿಯತಾಂಕ) ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು.

$(dI = K . dH)$

ಆಗ, V ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು

$K V \int_0^H H \cdot dH = \frac{1}{2} K H^2 \cdot V$ (ಎರ್ಗ್) ಆಗುತ್ತದೆ. 3.9

ಆವರಣದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವೇದನೀಯತೆಯು K_1 ಆದರೆ, ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವನ್ನೂ ಈ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಿಂದ ತುಂಬಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಶಕ್ತಿಯು $\frac{1}{2} K_1 H^2 V$ ಆಗುತ್ತಿತ್ತು.

ಆದ್ದರಿಂದ, ನಮ್ಮ ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವನ್ನು ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ತೆಗೆದುಬಿಟ್ಟರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಆವರಿಸುವುದರಿಂದ, ಶಕ್ತಿಯ ನಾಶವು (ಅಂದರೆ ಇಳಿತಾಯವು) $\frac{1}{2}(K-K_1)$ H^2V ಆಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ, ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿ (potential energy)ಯನ್ನು ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ $\frac{1}{2}(K-K_1)$ H^2 (ಎರ್ಗ್‌ಗಳು) ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. 3.10

3.4 ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವಿನ ವೇದನೀಯತೆ K ಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ವಿಧಾನ - ಕಾಂತತ್ವಮಾಪಕದ ಪ್ರಯೋಗ

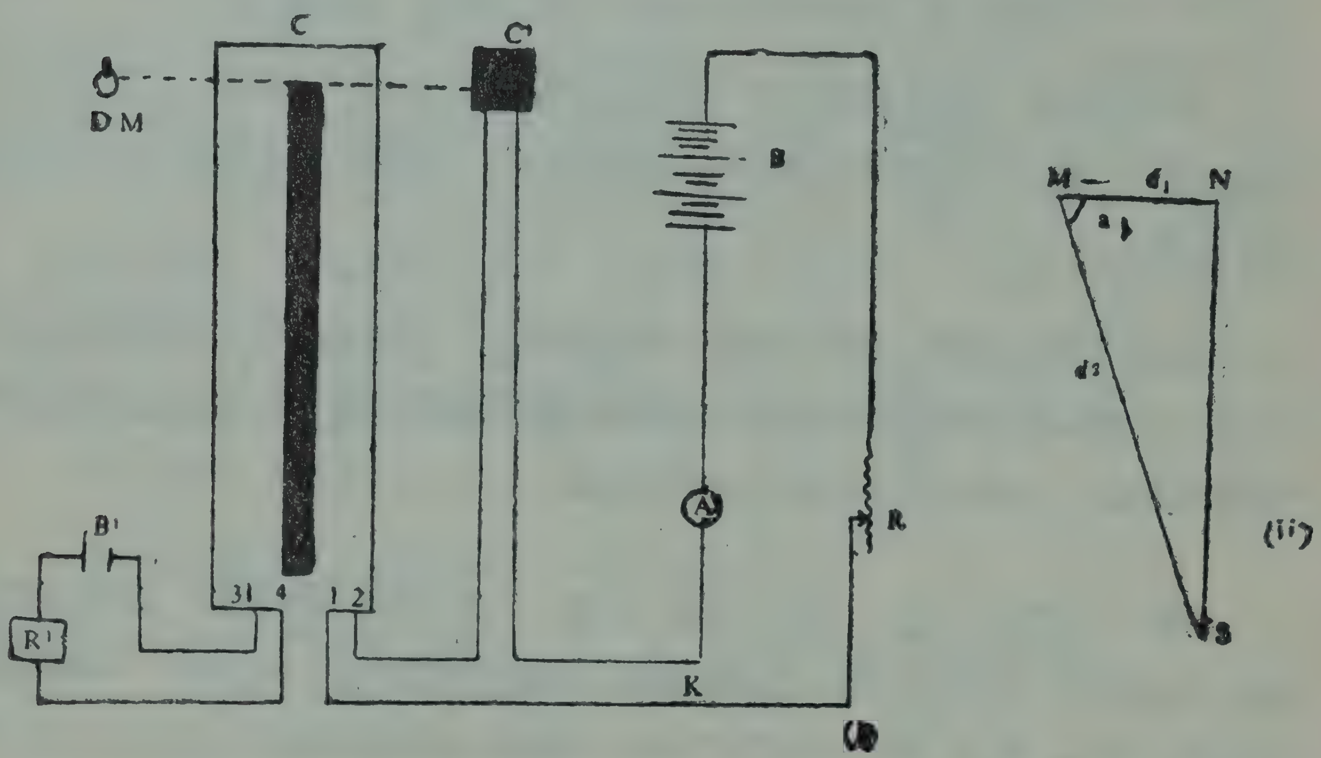
ಪರೀಕ್ಷಾರ್ಥವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ವಸ್ತುವಿನ ರೂಪವು ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ತಂತಿಯಂತೆಯೋ, ತೆಳುವಾದ ಸರಳಿನಂತೆಯೋ ಇರಬಹುದು.

ಪ್ರಯೋಗದ ವಿಧಾನವನ್ನು ಚಿತ್ರ (3·4) ರಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು

C ಎಂಬುದು ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ತಂತಿಯುರುಳಿಯಕಾಂತ (solenoid). ಇದನ್ನು ಲಂಬವಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿಸುವ ವಸ್ತು (ಉದ್ದ ಸರಳು ಅಥವಾ ತಂತಿ)ವನ್ನು (PQ) ತಂತಿಯುರುಳಿಯ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ (ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ) ನಿಲ್ಲಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ತುದಿಗಳು (P_1Q) ಉರುಳಿಯ ಕೋನಗಳಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರ ಒಳಗೆ ಇರಿಸಿರಬೇಕು. ಮತ್ತು ಆ ವಸ್ತುವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿಷ್ಕಾಂತೀಕರಣ (demagnetise) ಮಾಡಿರಬೇಕು. ಹೀಗಿದ್ದರೆ, ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರವೇಶದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಬಲವು ಏಕರೂಪವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ತಂತಿಯುರುಳಿ (C) ಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿ ಅದರ ಮೂಲಕ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡಲು ಸಹಾಯಕವಾಗುವಂತೆ ಅದರ ತುದಿ (1,2)ಗಳನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಇದರಲ್ಲಿ A ಎಂಬ ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕ (ammeter) ವೂ, B ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವೂ, R ಎಂಬ ಒಂದು ಪ್ರತಿರೋಧ (Rheostat)ವೂ ಇರುತ್ತವೆ. K



ಚಿತ್ರ 3.4 ಕಾಂತತ್ವಮಾಪಕ ಪ್ರಯೋಗದ ವಿಧಾನ

ಎಂಬುದು ಒಂದು ಪರಿವರ್ತಕ ಕೂಡು ಬೆಣೆ (reversing key). C ಸುರುಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಉಂಟಾದಾಗ, ಅದರೊಳಗೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಟ್ಟು PQ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತತ್ವವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಅದರ ತುದಿಗಳಾದ P, Q ಗಳಲ್ಲಿ N S ಧ್ರುವಗಳು ಏರ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಈ ಧ್ರುವಗಳ ಸತ್ವವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು D, M ಎಂಬ ಕಾಂತತ್ವ ಮಾಪಕ ಉಪಕರಣ (deflection magnetometer) ವು ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಈ ಮಾಪಕವು P Q ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲಿನ ತುದಿ (P) ಯ ನೇರದಲ್ಲಿ (end-on) d_1 ದೂರದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಮುನ್ನ ಕೆಲವು ಮುಂಜಾಗ್ರತ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಕೈಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

(i) ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತತ್ವದ ಲಂಬ ಬಲ (vertical intensity of earth's field) ವನ್ನು ನಿಷ್ಕ್ರಿಯಗೊಳಿಸಲು, C ಸುರುಳಿಯ ಸುತ್ತಲೂ ಮತ್ತೊಂದು ಸುರಳಿಯನ್ನು ಸುತ್ತಿ ಅದರ ತುದಿಗಳಾದ 3.4 ಗಳನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಬಂಧಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ, B^1 ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶ ಮತ್ತು R^1 ಪ್ರತಿರೋಧಗಳು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿರುವ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಕ್ರಮಪಡಿಸುವಾಗ, ಅದು ಹರಿಯುವ ನೇರ ದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತ ಬಲವು ಭೂಮಿಯ ಲಂಬ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮ ನಾಗಿಯೂ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿಯೂ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ,

ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಬಲದ ಕ್ಷಿತಿಜ ಕ್ಷೇತ್ರ (horizontal intensity)ದ ಪ್ರಭಾವವು ಮಾತ್ರ ಉಳಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

(ii) C ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸುವಾಗ, ಇದರಿಂದಲೇ ಒಂದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸಮತೂಗಿಸಿ, ನಿಷ್ಕ್ರಿಯೆಗೊಳಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಆ ಸುರಳಿಯ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿಯೇ (in series) C¹ ಎಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ಪರಿಹಾರಕ ತಂತಿಸುರಳಿಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. ಇದೂ ಕೂಡ, C ಸುರಳಿಯ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮನಾಂತರವಾಗಿಯೇ ಇದ್ದು, ಇದು ಕೂಡ, M ಉಪಕರಣದ ಕಾಂತಸೂಜಿಯ ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಮತ್ತು M ಗೂ, ಈ ಸುರಳಿ C¹ ಗೂ ಇರುವ ದೂರವನ್ನು ಕ್ರಮಪಡಿಸುವಾಗ, ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು. ಇದೇನೆಂದರೆ, C ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಒಳಗಡೆ PQ ವಸ್ತುವಿರಕೂಡದು. ಮತ್ತು C,C¹ಗಳ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸುವಾಗ, ಕಾಂತತ್ವಮಾಪಕದ (M) ಕಾಂತಸೂಚಿಯು ಯಾವ ಅಪಸಾರ (deflection) ವನ್ನು ತೋರಿಸಕೂಡದು. ಹೀಗಾದರೆ ಮಾತ್ರ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ C ಮತ್ತು C¹ ಸುರಳಿಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಬಲಗಳು ಸಮನಾಗಿಯೂ, ವಿರುದ್ಧವಾಗಿಯೂ ಇದ್ದು, ಒಟ್ಟಿನ ಪರಿಣಾಮವು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ, C ಸುರಳಿಯ ಕಾಂತತ್ವದ ಪ್ರಭಾವವು ಕಾಂತತ್ವ ಮಾಪಕದ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

ಈ ಮುಂಜಾಗ್ರತೆ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದನಂತರ. PQ ಸರಳನ್ನು C ಸುರಳಿಯ ಒಳಗಡೆ ಅದರ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಲಂಬ ಲಂಬವಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿ, ಅದರ ಮೇಲಿನ ತುದಿ (P) ಯು M ಉಪಕರಣದ ಕಾಂತಸೂಚಿಯ ನೇರದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು ಮತ್ತು PQ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಯಾವ ಕಾಂತತ್ವವೂ ಇಲ್ಲದಂತೆ ನಿಷ್ಕಾಂತೀಕರಣಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿಸಿರಬೇಕಾದುದು ಅವಶ್ಯಕ - ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಹಂತಹಂತವಾಗಿ, ಕಾಂತೀಯ ಬಲವನ್ನು ಅಥವಾ ಕಾಂತ ಪ್ರೇರಕ ಬಲವನ್ನು (magnetising field) ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯದಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರಿಸುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು. C ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಆಂಪಿಯರ್‌ಮಾಪಕ (A) ಸಾಧಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಒಂದೊಂದು ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೂ ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ M ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಸೂಚಿಯು ಅಪಸಾರದ ಮೌಲ್ಯ (deflection) ವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅಳೆಯುತ್ತೇವೆ. ಹಾಗೆಯೇ, ಇದರಿಂದ PQ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವವಾಗುವ ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು

ಅಳೆಯಲು ಕಾಂತತ್ವಮಾಪಕದ ಕಾಂತಸೂಚಿಯು ತೋರಿಸುವ ಕೋನಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳಿರುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಈ ಎರಡು ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಆಳೆಯುವುದರ ಮೂಲಕ ನಮಗೆ ತಿಳಿಯಬರುವ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು.

$r =$ ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಗಾಗಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಸರಳಿನ ತ್ರಿಜ್ಯ

$I =$ ಕಾಂತೀಯುತೆಯು ತೀವ್ರತೆ

$H =$ ಕಾಂತಿಯುರಳೆಯ (C) ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲದ ಮೌಲ್ಯ

$H_0 =$ ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲದ ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲದ (Horizontal) ಅಂಗ. ವಸ್ತುವಿನ ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ (ii)ದಲ್ಲಿ N-Sಎಂದು ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ಧ್ರುವಗಳ ಸತ್ವ (pole-strength) $= I\pi r^2 = m$

ಮೇಲಿನ ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ m ಸತ್ವದ (Nಧ್ರುವ) ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು Mನಲ್ಲಿ $= \frac{m.}{d_1^2}$ ಇಲ್ಲಿ (ii) ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ $MN_1 = d$; $MS = d_2$; $NMS = \alpha$

S ಧ್ರುವದಿಂದ M ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು $\frac{m}{d_2^2}$ (MSನೇರದಲ್ಲಿ)

MNನೇರದಲ್ಲಿ ಈ ಬಲದ ಅಂಗವು $\frac{m}{d_2^2}\cos\alpha$

ನಾವು ಈ ಎರಡು ಬಲಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನೂ MN ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ ಈ ನೇರದಲ್ಲಿ ಉತನ್ನವಾಗುವ ಬಲದ ಪ್ರಭಾವವು ಮಾತ್ರ MN ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯ ಮೇಲೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ,

Mನಲ್ಲಿ N-S ಧ್ರುವಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಮೊತ್ತಬಲವು

$$F = \frac{m}{d_1^2} - \frac{m}{d_2^2}\cos\alpha$$

$$= \frac{\pi r^2 I}{d_1^2} - \frac{\pi r^2 I}{d_2^2}\frac{d_1}{d_2}$$

$$= \frac{\pi r^2 I}{d_1^2} - \frac{\pi r^2 I.d_1}{d_2^3} = \pi r^2 I\left\{\frac{1}{d_1^2} - \frac{d_1}{d_2^3}\right\}$$

$$= \frac{\pi r^2 I}{d_1^2}\left\{1 - \frac{d_1^3}{d_2^3}\right\} \qquad 3.10$$

ಈಗ, Mನಲ್ಲಿರುವ ಕಾಂತಸೂಜಿಯಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ Fಬಲವೂ

ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತೀಯ ಬಲ H_o ಬಲವೂ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಆ ಸೂಜಿಯು ಕೋನಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೊಂದಿ θ^o ಅಪಸಾರ (deflection) ವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ $F = H_o \cdot \tan\theta$ 3·11

(3·10) ಮತ್ತು (3·11) ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ,

$$I = \frac{d_1^2 \; H_o \tan \theta}{\pi r^2 \left(1 - \frac{d_1^3}{d_2^3}\right)} \qquad 3{\cdot}12$$

ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಮಾಡುವ ಎಲ್ಲ ಅಳತೆಗಳೂ ಬಲಗಡೆ ಇರುವುದರಿಂದ,

I ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ತಿಳಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಇನ್ನು ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲವು H ಆದರೆ,

$$H = \frac{4\pi nc}{10} \qquad 3.13$$

ಇಲ್ಲಿ n = Cಸುರಳಿಯ ಒಂದು ಸೆಂ.ಮೀ. ಉದ್ದದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಸುರಳಿಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ c = ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ (ಆಂಪಿಯರ್) – ಇದರ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು A ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಮಾಪಕದಿಂದ ನೇರವಾಗಿ ಅಳೆಯಬಹುದು.

ಹೀಗೆ, I ಮತ್ತು H ಗಳು ಗೊತ್ತಾದ ಮೇಲೆ

$$K = \text{ವೇದನೀಯತೆ} = \frac{I}{H} \qquad 3.14$$

ಮತ್ತು $\mu = 1 + 4\pi K$ 3.15

ಅಂದರೆ, ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಏರಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಒಂದೊಂದು ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೂ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುವ H ಮೌಲ್ಯವು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಸರಿಹೊಂದುವ I ಪ್ರಮಾಣವು M ಕಾಂತತ್ವ ಮಾಪಕದ ಮೌಲ್ಯದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಮೌಲ್ಯಗಳಾದ I–H ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುತ್ತ ಒಂದು ರೇಖಾಚಿತ್ರವನ್ನು (graph) ಎಳೆಯಬಹುದು. ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಪ್ರಕಾರ, H ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, I ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿ, ಕೊನೆಗೆ ಒಂದು ಸಂತುಷ್ಟ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಇದು I_{max} ಆದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ K ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

3.5 I–H ಸಂಬಂಧಸೂಚಕ ರೇಖೆ – ಕಾಂತ ಜಡತ್ವ

ಈಗ ಹಿಂದಿನ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಪರೀಕ್ಷಾರ್ಥವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಕಬ್ಬಿಣ ಅಥವಾ ಉಕ್ಕು ವಸ್ತುವು, ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲ (H)ವು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋಗುವಾಗ, ತನ್ನ ಕಾಂತತ್ವದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ನಾವು ಆರಿಸಿರುವ ವಸ್ತುವನ್ನು (ಸರಳುರೂಪದಲ್ಲಿರಬಹುದು) ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿಷ್ಕಾಂತೀಕರಿಸಿರಬೇಕು (demagnetised), ಅನಂತರ ಅದನ್ನು ತಂತಿಯುರುಳಿನಲ್ಲಿರುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕು.

ಈಗಾಗಲೇ ವಿವರಿಸಿರುವ ಚಿತ್ರದ ವಿಧಾನದ ಪ್ರಕಾರ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಹಂತ ಹಂತವಾಗಿ ಮುಂದುವರಿಸಿ, ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಬೇಕು. ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಸಿದ್ಧತೆಗಳನ್ನು ಕೈಕೊಂಡಮೇಲೆ, ತಂತಿಯುರುಳಿನಲ್ಲಿ (solenoid) ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವಾಗ, ಕಾಂತತ್ವ ಮಾಪಕದ ಕಾಂತ ಸೂಜಿಯು 0^0–0^0 ತೋರಿಸುವುದು. ಆದರೆ, ಕಾಂತ ಪ್ರೇರಕ ಬಲವು (H) ಶೂನ್ಯವಿದ್ದು, I ಕೂಡ ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಹಿಂದೆಯೇ ತೋರಿಸಿದಂತೆ I ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಕಾಂತಸೂಜಿಯ ಅಪಸಾರ ಕೋನ (deflection)ವು θ ಆಗಿದ್ದರೆ, $I \propto \tan \theta$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. (3.12 ಸಮೀಕರಣ).

ಹಾಗೆಯೇ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು C ಆಂಪಿಯರ್ ಆದರೆ, $H \propto C$ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. (3.13 ಸಮೀಕರಣ).

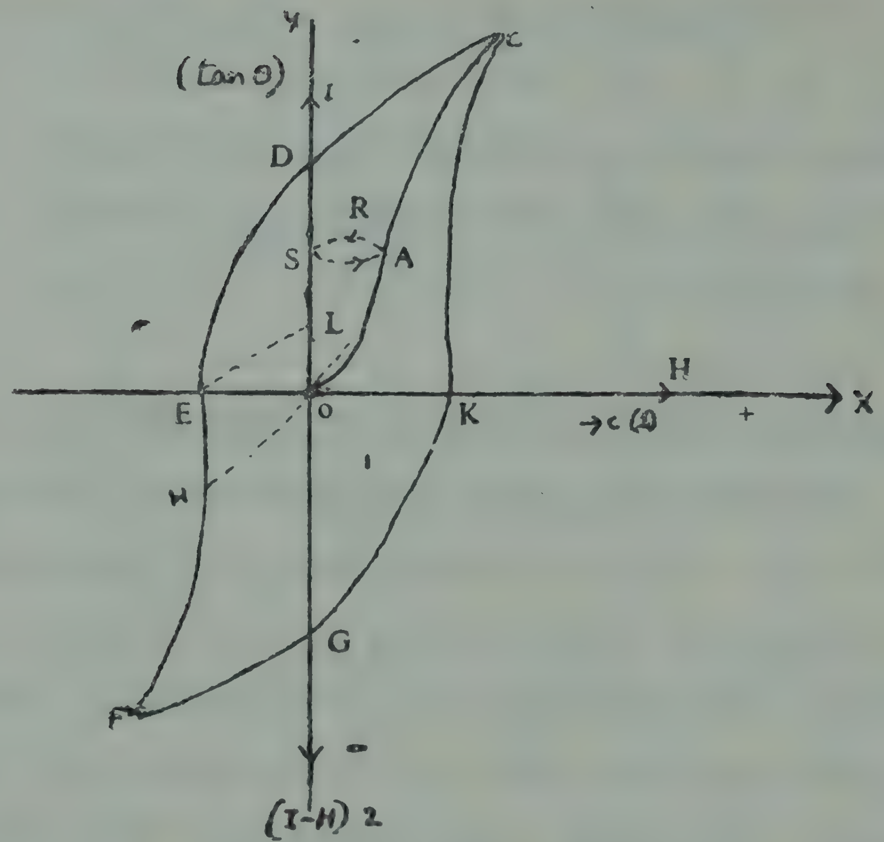
ಹೀಗಾಗಿ $\tan \theta$ ಪ್ರಮಾಣವು I ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೂ, c ಪ್ರಮಾಣವು H ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೂ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, I–H ಸಂಬಂಧ ಸೂಚಕ ರೇಖಾಚಿತ್ರವನ್ನು ರೂಪಿಸಲು, OX ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ c ಪ್ರಮಾಣವನ್ನೂ OY ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ $\tan \theta$ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನೂ ಗುರುತಿಸಬಹುದು.

ಈಗ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡುವಾಗ ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಅನುಸರಿಸಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವಾಗ ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧ (rheostat)ದ ಮೂಲಕ ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಒಂದೇ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಬದಲಾಯಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು. ಅಂದರೆ, c ಮೌಲ್ಯಗಳು 0.0, 0.1, 0.2, 0.3,...... ಆಂಪಿಯರ್

ಗಳಂತೆ ವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು. ಆ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ θ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನೂ θ_1, θ_2, θ_3...ಗಳಂತೆ ಅಳೆಯುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು. ಅವುಗಳಿಂದ, tan θ_1, tan θ_2, tan θ_3......ಗಳು ಗೊತ್ತಾದಂತೆ ಆಗುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರೆಯುತ್ತ ಹೋದರೆ, I-H ರೇಖೆಯನ್ನು ರೂಪಿಸಲು ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುತ್ತ ಹೋಗಬಹುದು.

c ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆಲ್ಲ, θ ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಒಂದು ಘಟ್ಟವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಾಗ, θ ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದು ಗರಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹೆಚ್ಚಿದರೆ, θ ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚುವುದಿಲ್ಲ. ಇದನ್ನೇ ಸಂತುಷ್ಟಮಿತಿ (saturation) ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇದನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿದ ಮೇಲೆ c ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹಂತಹಂತವಾಗಿ ಇಳಿಸುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿ, c = O ಆದಾಗ θ ಮಾತ್ರ ಶೂನ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಅಂದರೆ. I ಪ್ರಮಾಣವು ಶೂನ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಈ ಸ್ಥಿತಿ ಬಂದ ಮೇಲೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ತಂತಿ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿಪರ್ಯಸ್ತ ಮಾರ್ಗ (reversed) ದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು ಚಿತ್ರ (3.4 a)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಪರಿವರ್ತಕ (commutator) ವನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದ ನಂತರ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಋಣವಾಗಿದ್ದು, – 0.1– 0.2– 0.3, ಆಂಪೀರ್‌ಗಳಂತೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವಾಗ, c ಒಂದು ಮೌಲ್ಯವು ಮುಟ್ಟುವಾಗ, ಕಾಂತತ್ವ ಮಾಪಕದ ಕಾಂತ ಸೂಚಿಯು 0^0–0^0 ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, I = 0 ಆಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಋಣ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಅದೇ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಯೇ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, θ ಪ್ರಮಾಣ ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿ ಒಂದು ಗರಿಷ್ಠ ಮಟ್ಟವನ್ನು ತಲಪುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ I ಪ್ರಮಾಣವು ಋಣ ಗರಿಷ್ಠ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಇದಾದ ನಂತರ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹಂತ ಹಂತವಾಗಿ, ಶೂನ್ಯಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ತಂದು ಮತ್ತೆ ಪರಿವರ್ತಕ (K)ದ ಸಹಾಯದಿಂದ, ಧನಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಒಂದು ಗರಿಷ್ಠಮಟ್ಟವನ್ನು ತಲಪುವವರೆಗೆ ಮುಂದುವರಿಸಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, ನಮಗೆ ರೂಪಿತವಾಗುವ I–H ರೇಖೆಯು ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ಕುಣಿಕೆಯ (loop) ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಕಾಂತಜಡತ್ವ ಆವರ್ತ (hysteresis cycle) ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇದನ್ನೇ ಚಿತ್ರ (3.5) ದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ.

ಇದುವರೆಗೂ ವಿವರಿಸಿರುವ ವಿಧಾನದಿಂದ ರೂಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ I-H ರೇಖೆಯ ಆಕಾರವು OACDEFGKC ಆಗಿರುತ್ತದೆ,



ಚಿತ್ರ 3,5. (I—H) ಕಾಂತ ಜಡತ್ವ ಆದರ್ಶ

H ಪ್ರಮಾಣವು O ನಿಂದ ಒಂದು ಒಂದು ಗರಿಷ್ಠ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚುವಾಗ O A C ರೇಖೆಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. C ಬಿಂದುವು ಒಂದು ಸಂತುಷ್ಟ ಮಿತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಆಗ I ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದು ಉಚ್ಚ ಮಿತಿಯನ್ನು (I_{MAX}) ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ.

ಇದಾದನಂತರ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ (c) ವು ಕ್ರಮೇಣ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಶೂನ್ಯವಾಗುವಾಗ H ಕೂಡ ಶೂನ್ಯವನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಭಾಗದ ರೇಖೆಯ ರೂಪವು CDಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಇದು OAC ರೇಖೆಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿದ್ದು H=O ಆದಾಗ ಕೂಡ I=OD ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲವು ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೂ, I=OD ಎಂಬ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಕಾಂತೀಯ ತೀವ್ರತೆಯು ಉಳಿದಿರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಶೇಷ ಕಾಂತತ್ವ (residual magnetism) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಉಳಿಯುವ ಕಾಂತಪ್ರೇರಣೆ (B)ಯ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಧಾರಣತ್ವ (retentivity) ಎಂದೂ ಕರೆಯುವುದುಂಟು.

ಮುಂದಿನ ಹಂತದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಪರಿವರ್ತಕದ ಮೂಲಕ ವಿಪರ್ಯಸ್ತಗೊಳಿಸಿದರೆ, H ಪ್ರಮಾಣವು ಋಣಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಮೌಲ್ಯವು OE ಆದಾಗ, I=O ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ $\tan\theta = 0$ ಅಥವ $\theta = 0$ ಆಗಿ, ಈಗ ಮಾತ್ರ ಕಾಂತಸೂಚಿಯು ಶೂನ್ಯ ಅಪಸಾರ

ವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ OE ಪ್ರಮಾಣದ (–) H ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ವಸ್ತುವಿನ ಕಾಂತತ್ವವು (I=0) ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. OE ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಒತ್ತಾಯಪಡಿಸುವಿಕೆ (coercivity) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಇದರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, I ಪ್ರಮಾಣವು ಯಾವಾಗಲೂ H ಗಿಂತ ಹಿಂಜರಿಯುತ್ತಲೇ (lags) ಇರುತ್ತದೆ. H=O ಆದಾಗ, I=OD ಆಗಿದ್ದು, H=—(OE) ಆದಾಗ ಮಾತ್ರ I=O ಆಗುವುದರಿಂದ ಈ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗೆ ಕಾಂತ ಜಡತ್ವ (Hysteresis) ಎಂದು ಹೆಸರು. E ಬಿಂದುವು ತಲುಪಿದ ಮೇಲೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವವ್ನು (ಅಂದರೆ H ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು) ಋಣದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, F ಎಂಬ ಒಂದು ಅಧೋ ಸಂತುಷ್ಟಮಿತಿಯು ಬರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, C,Fಗಳು ಉಚ್ಚ ಮತ್ತು ಅಧೋಮಿತಿಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ, H=O ಆದರೆ, FG ರೇಖೆಯು ಬರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಮತ್ತೆ ಪರಿವರ್ತಕ ಸಾಧನದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸಿದರೆ, GKC ರೇಖೆಯು ರೂಪಿತವಾಗಿ, C ಉಚ್ಚಮಿತಿಯು ಬರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, OACDEFGKC ಎಂಬುದನ್ನು ಒಂದು ಜಡತ್ವ ಆವರ್ತದಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಅಯಸ್ಕಾಂತ ವಸ್ತುಗಳ ಈ ವಿಚಿತ್ರ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ ಮಾತ್ರ ಕೆಲವು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಅಂಶಗಳು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತವೆ.

ಚಿತ್ರ (3.5) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ OAC ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ A ಎಂಬ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಗಮನಿಸೋಣ. ಈ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವಾಗ, H ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದರ ಬದಲು, ಕಡಮೆ ಮಾಡುತ್ತ H=O ತಲಪಿದರೆ, ರೇಖೆಯು ARS ಆಗಿದ್ದು ಮತ್ತೆ H ವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದುವಾಗ, STA ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ OS ಎಂಬುದು ಶೇಷಕಾಂತತ್ವದ ಪ್ರಮಾಣವಾಗುತ್ತದೆ.

E ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ H=OE ಆಗಿರುವಾಗ, ಅದನ್ನು ಥಟಕ್ಕನೆ H=O ಆಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, I=OL ಆಗುತ್ತದೆ. ಆಗ EL ರೇಖೆಯು ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಆಗ OL= ಶೇಷಕಾಂತತ್ವವಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ, M ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವಾಗ, H=O ಆಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ರೂಪಿತವಾಗುವ ರೇಖೆಯು MON ಆಗಬೇಕು.

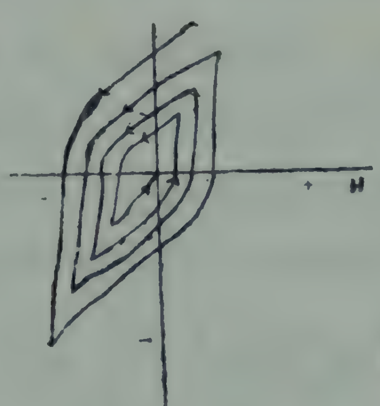
ಹೀಗಾಗಿ, ಯಾವ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವು ಯಾವ ರೀತಿಯ ಕಾಂತತ್ವದ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕಾದರೆ ಅದರ ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಚರಿತ್ರೆಯನ್ನು ತಿಳಿದಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

I—H ಆವರ್ತರೇಖೆಯ ರೂಪದಂತೆಯೇ B–H ಅವರ್ತವನ್ನೂ ರಚಿಸಬಹುದು. $B=H+4\pi I$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಅಯಸ್ಕಾಂತವಸ್ತು (ferro-magnatics) ಗಳಿಗೆ I ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ $B=4\pi I$ ಎಂದು ತಿಳಿದರೂ ತಪ್ಪಾಗಲಾರದು. ಆದ್ದರಿಂದ, $I=\frac{B}{4\pi}$ ಆಗಿ, B–H ಆವರ್ತದ ಆಕಾರವೂ I–H ಆವರ್ತದ ರೂಪದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು,

3.6 ನಿಷ್ಕಾಂತೀಕರಣ

ನಿಷ್ಕಾಂತಿಕರಣ (demagnetisation) ದ ವಿಧಾನವನ್ನೂ ಅರಿಯಬೇಕಾದರೆ I–H ಆವರ್ತ ರೂಪರೇಖೆಗಳನ್ನೇ ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ, ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ ಕಾಂತತ್ವರಹಿತವಾಗಿದ್ದು, ಅದನ್ನು H–O ಯಿಂದ $H=H_{MAX}$ ವರೆಗೆ ಕಾಂತಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಮಾಡಿ, ಅನಂತರ $H_{MAX}\rightarrow H_o$ ಮಾಡಿದರೆ ಅದರಲ್ಲಿ I ಪ್ರಮಾಣವು ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಉಳಿದೇ ಇರುವುದರಿಂದ ನಿಷ್ಕಾಂತಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಕಾಂತತ್ವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡಲು, ಅದನ್ನೂ ಹಲವಾರು ಕಾಂತತ್ವ ಆವರ್ತಗಳ ಮೂಲಕ, ಒಂದೊಂದು ಆವರ್ತದ ಅನಂತರವೂ ಕ್ರಮೇಣ ಕಾಂತತ್ವ ಪ್ರೇರಕ ಬಲವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುತ್ತ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೋಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಚಿತ್ರ(3.5) ದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲು, ಬಹಳ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ



ಚಿತ್ರ : 3.5 ನಿಷ್ಕಾಂತೀಕರಣ

ವಿಧಾನವೇನೆಂದರೆ: ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಸ್ತು (ಸರಳು ಅಥವಾ ದಂಡ) ವನ್ನು ಒಂದು ತಂತಿಯ ಸುರುಳಿಯೊಳಗೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಿ, ಆ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ. ಕ್ರಮೇಣ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುವ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ (alter-nating current) ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. ವಸ್ತುವನ್ನು ಅದರ ಉತ್ಕಟ ಉಷ್ಣಾಂಶ (critical temperature) ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ತಾಪಕ್ಕೆ ಏರಿಸಿದರೂ, ನಿಷ್ಕಾಂತೀಕರಣಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ

ಕಾಂತೀಯ ಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಶಾಶ್ವತವಾದ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಆಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇದೆ. ಕಾಂತ ಜಡತ್ವವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಅಳೆದು ತೋರಿಸಲು, ಯೂಯಿಂಗ್ (Ewing) ಒಂದು ಯಂತ್ರೋಪಕರಣವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದ್ದಾನೆ, ಹಾಗೂ, ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣ ಆಂದೋಳಕ (cathode ray oscilloscope) ದ ಸಹಾಯದಿಂದ, ಕಾಂತ ಜಡತ್ವವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ರೇಖಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಉಲ್ಲೇಖ ಮಾಡಬಹುದು.

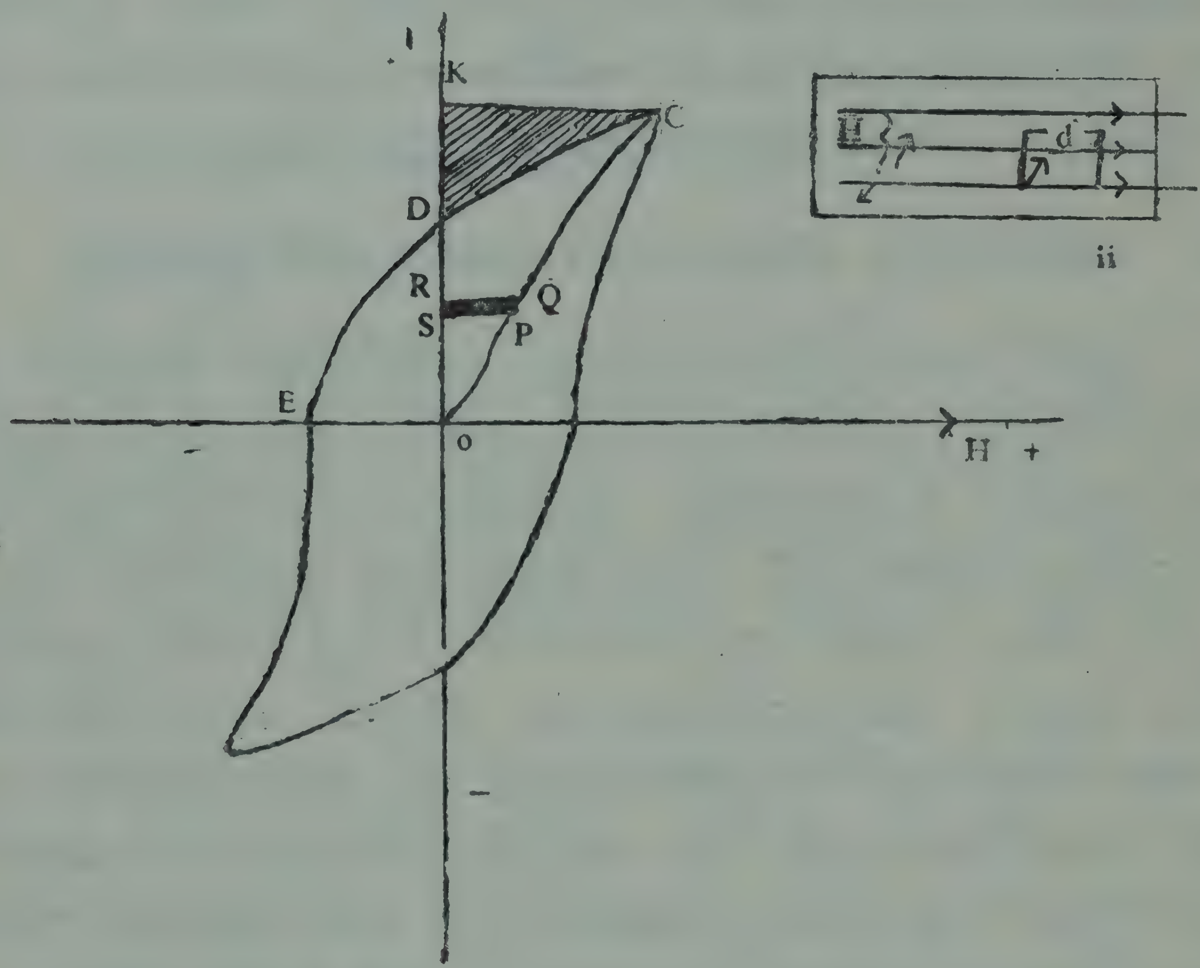
3.7 ಕಾಂತಜಡತ್ವದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ

ಒಂದು ಅಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವನ್ನು ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಕಾಂತೀಯ ಆವರ್ತದ(I-Hಆವರ್ತ)ಮೂಲಕ ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವುದರಿಂದ, ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಯವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರೇರೇಪಣವನ್ನು (induction) ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ, ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಪೂರ್ವ ಭಾವಿ ಪ್ರೇರೇಪಣವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಷ್ಟೂ, ಅದನ್ನು ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಮಾಣದ ಮೂಲಕ ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಆವರ್ತವನ್ನೇ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ವಸ್ತುವಿನ ಕಾಂತತ್ವವು ವೃದ್ಧಿಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವಾಗ, ಬೇಕಾಗುವ ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲವು, ಅದೇ ಕಾಂತತ್ವವು ಇಳಿಯುತ್ತಿರುವಾಗ, ಬೇಕಾಗುವ ಕಾಂತ ಪ್ರೇರಕ ಬಲಕ್ಕಿಂತ, ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗುವುದರಿಂದ, ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವಾಗ ಬೇಕಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯು, ಕಾಂತ ಪ್ರೇರಕ ಬಲವನ್ನು ತೆಗೆಯುವುದರ ಮೂಲಕ, ಅದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಗಳಿಸಲ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ, ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲವು ಶೂನ್ಯವಾದರೂ, ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಶೇಷಕಾಂತತ್ವವು ಉಳಿದೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಈಗ, ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ವಿಪರ್ಯಾಸ್ತಮಾಡಿದರೆ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಲದ ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡುವುದರ ಮೂಲಕವೇ. ಕಾಂತತ್ವದ ತೀವ್ರತೆ (I) ಯು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಪೂರ್ತ ಆವರ್ತವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಯವು ಆಗಿಯೇ ಆಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಭ್ರಮಣಗಳ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವುದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯು ನಾಶವಾಗಿ, ಉಷ್ಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಒಂದು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಯದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡಬಹುದು.

OCD ಎಂಬುದು I-Hಆವರ್ತದ ಒಂದು ಭಾಗವಾಗಿರಲಿ (ಚಿತ್ರ 3.7). ವಸ್ತುವಿನ ಅಣುಕಾಂತಗಳಲ್ಲಿ (molecular magnets)ಒಂದರ ಕಾಂತೀಯ ಮಹ

ತ್ವವು M ಆಗಿರಲಿ. (H)ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಆಣುಕಾಂತ (ns)ದ ಅಕ್ಷಕ್ಕೂ ಪ್ರೇರೇಪಣ ಬಲ (H)ದ ನೇರಕ್ಕೂ ಇರುವ ಕೋನವು a ಆಗಿರಲಿ.



ಚಿತ್ರ : 3.7. ಕಾಂತಜಡತ್ವದಿಂದ ಶಕ್ತಿವ್ಯಯ

ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಎಲ್ಲ ಅಣುಕಾಂತಗಳ ಕಾಂತ ಮಹತ್ವವನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿರಬೇಕು.

ಒಂದು ಅಣುಕಾಂತದ ಮಹತ್ವದ ಅಂಗ (component)ವು H ಬಲದ ನೇರದಲ್ಲಿ $M \cos a$

ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಅಣುಕಾಂತಗಳ ಮಹತ್ವದ ಮೊತ್ತವು

$$\Sigma M \cos \alpha = I \text{ (ಕಾಂತೀಯ ತೀವ್ರತೆ)}$$

ಈಗ I ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು dI ಮೂಲಕ ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸಿದರೆ, ಇದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವದ ಹೆಚ್ಚಳವು

$$d \Sigma M \cos a = dI = -\Sigma M \sin a \, da$$

ಒಂದು ಅಣುಕಾಂತದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲಯುಗ್ಮ (couple) ವು $M H \sin a$.

∴ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಎಲ್ಲಅಣುಕಾಂತಗಳ ಅಕ್ಷಗಳನ್ನು α ಕೋನದ ಮೂಲಕ ತಿರುಗಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು W ಆದರೆ,

$$W = \Sigma MH \sin \alpha \cdot d\alpha$$

$= H\, d\, I = PQRS$ (ಚಿತ್ರ 3·7) ಆವರಣದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ.

(ಇಲ್ಲಿ $d\alpha = \alpha$ ಕೋನದ ಇಳಿತ)

ಆದ್ದರಿಂದ ವಸ್ತುವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಲು ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ. ಮಾಡಬೇಕಾದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತ ಪ್ರಮಾಣವು ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ PQRS ಅಂಥ ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ ಬರುವ ಆಕೃತಿಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ = OPCKDO. ವಸ್ತುವಿನ ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಇಳಿಸುವಾಗ ಅಂದರೆ, H ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಕ್ರಮೇಣ ಕಡಮೆ ಮಾಡುವಾಗ, ನಮಗೆ ಒದಗುವ ಶಕ್ತಿಪ್ರಮಾಣವು CKD ಆಕೃತಿಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಎರಡು ವಿಧಾನಗಳ ಫಲವಾಗಿ,

ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಯವು = [OPCKDO]–[CKD]

= O P C D O = I–H ಆವರ್ತ ಚಿತ್ರದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ

$$\int H\, d\, I$$

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ I–H ಆವರ್ತದ ಕೆಳಗಿನ ಮತ್ತು ಇತರ ಭಾಗಗಳಿಗೂ ಇದೇ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ಆವರ್ತದ ಮೂಲಕ ವಸ್ತುವನ್ನು ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿಸಿದರೆ, ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಯದ ಪ್ರಮಾಣವು I–H ಪೂರ್ಣ ಕುಣಿಕೆ (loop) ಯೊಳಗೆ ಆವೃತವಾಗಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರಬೇಕು. ಇದನ್ನು W^1 ಎಂದು ಸೂಚಿಸಿದರೆ,

$W^1 = \oint H \cdot dI$ ವಾಟ್‌ಬರ್ಗ್ ಸೂತ್ರ (Watburg law) 3.16

ಇದು ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಆವರ್ತಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ.

ಈ ಶಕ್ತಿಯೆಲ್ಲವೂ ಉಷ್ಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಂಡರೆ,

$h =$ ಉಷ್ಣಪ್ರಮಾಣವು $= \dfrac{\text{I–H ಆವರ್ತದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ}}{4 \cdot 2 \times 10^7}$ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು 3.17

ನಾವು I–H ಆವರ್ತಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ B–H ಆವರ್ತ ರೇಖೆಯನ್ನು ರಚಿಸಿದರೆ

$$B = H + 4\pi I$$

$$dB = dH + 4\pi \cdot dI$$

$$\oint HdB = (\text{B—H ಆವರ್ತದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ})$$

$$= \oint H\,d\,H + 4\pi \oint H \cdot dI \cdot$$

ಆದರೆ $\oint H.dH = O$ ಆಗುವುದರಿಂದ,

$$\oint H \cdot dB = 4\pi \oint H \cdot dI \qquad 3.18$$

ಅಂದರೆ, B–H ಆವರ್ತದ ರೇಖೆಯ ಸಂಪೂರ್ಣ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು $4\pi \times$ I-H ಸಂಪೂರ್ಣ ಆವರ್ತ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ.

c.g.s. ಮಾನದಲ್ಲಿ B ಗೌಸ್ ಮಾನದಲ್ಲಿಯೂ, H ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟಡ್ ಮಾನದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ 1 ಘನ ಸೆಂ.ಮೀ ಗಾತ್ರದ ವಸ್ತುವಿಗೆ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವು $\frac{1}{4\pi} \times$ B-H ಆವರ್ತ ರೇಖೆಯೊಳಗಿನ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ ಮತ್ತು ಆದರ ಮಾನವು $\frac{\text{ಎರ್ಗ್}}{\text{ಘನ ಸೆಂ.ಮೀ}}$ .V ಗಾತ್ರದ ವಸ್ತುವನ್ನು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ f ಆವರ್ತಗಳ ಮೂಲಕ ಕೊಂಡು ಒಯ್ದರೆ, ಕಾಂತಜಡತ್ವದ ಶಕ್ತಿ ನಷ್ಟವು

$$W^1 = \frac{V.f \times \text{B-H ಆವರ್ತದೊಳಗಿನ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ}}{4\pi \times 10^7} \text{ ವ್ಯಾಟ್‌ಗಳು} \qquad 3.19$$

ವಸ್ತುವನ್ನು ಸಂತುಷ್ಟ ಮಿತಿಯ ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲದವರೆವಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿಸುವಾಗ ಬರುವ ಆವರ್ತ ರೇಖೆಯೊಳಗಿನ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ, ಉದಾಹರಣೆಯ ಪೂರ್ವಕವಾಗಿ ಕಬ್ಬಿಣದ ವಸ್ತುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಒಂದು ಘನ ಸೆಂ.ಮೀ ಗಾತ್ರದ ವಸ್ತುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಆದರ ಸಾಂದ್ರತೆಯು 7.7 ಘನ ಗ್ರಾಂ/ಸೆಂ. ಮೀ ಆಗಿ,

ಈ ವಸ್ತುವನ್ನು ಕಾಂತಜಡತ್ವದ ಆವರ್ತಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿಸುವಾಗ

$\oint HdI = 50{,}000$ ಆಗಿರಲಿ

ಇಂಥ ಆವರ್ತಗಳು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ 100 ಸಲ ಆದರೆ,

ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ ವ್ಯಯದ ಪ್ರಮಾಣವು 50,000 × 100 ಎರ್ಗ್‌ಗಳು.

ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಏರಿಕೆಯು θ^0c ಆದರೆ,

1 c.c. ಗಾತ್ರದ ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣದ ಏರಿಕೆಯ ಪ್ರಮಾಣವು

$1 \times 7.7 \times 0.11 \times \theta$ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು (0.11= ಕಬ್ಬಿಣದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ)

$$\therefore 7.7 \times 0.11 \times \theta = \frac{50,000 \times 100}{4.2 \times 10^7}$$

$$\therefore \theta = \frac{50,000 \times 100}{4.2 \times 10^7 \times 7.7 \times 0.11} = 0.14^0\ C$$

ಅಂದರೆ, ಒಂದು ನಿಮಿಷದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯು

$0.14 \times 60 = 8.4^0$ C ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಸ್ಟೈನ್‌ಮೆಟ್ಜ್ (steinmetz) ರಚಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ

$$\int_0 HdI = \eta.B^{1.68} \qquad 3.20$$

η = ವಸ್ತುವನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಒಂದು ಗುಣಾಂಕ

B= ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ Bಯ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಪರಿಮಾಣ

ಅತಿಮೆದುಕಬ್ಬಿಣಕ್ಕೆ $\eta = 0.0020$

ಸ್ಟೀಲ್‌ಗೆ $\eta = 0.025$

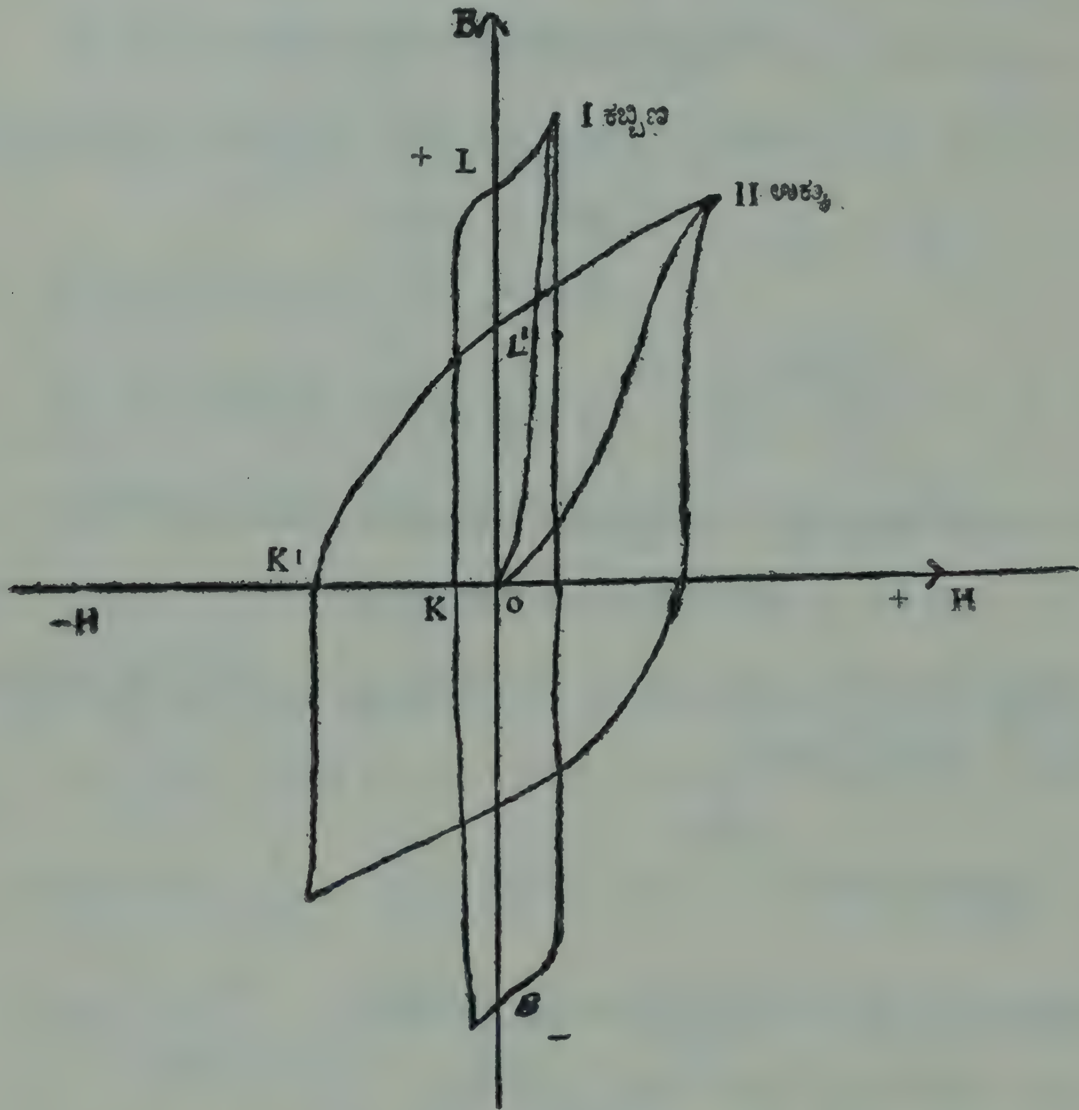
ನಿಕ್ಕಲ್‌ಗೆ $\eta = 0.12$ ಇಂದ 0.038ವರೆಗೆ

ಈ ಸೂತ್ರವು ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೀಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

3.8 ಕಾಂತಜಡತ್ವ ರೇಖೆಗಳ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಉಪಯೋಗಗಳು

ಕಬ್ಬಿಣ ಮತ್ತು ಉಕ್ಕುಲೋಹಗಳು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಮತ್ತು ತಾಂತ್ರಿಕ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಉಪಯೋಗಗಳು ಆಯಾ ಮಾದರಿಗಳ (specimens) ಕಾಂತಜಡತ್ವ ರೇಖಾಚಿತ್ರಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತಗಳು, ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿವರ್ತಕಗಳು (tran-formers), ಟೆಲಿಫೋನ್ ಮುಂತಾದ ಉಪಕರಣಗಳು ಬಹಳವಾಗಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಇರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಲೋಹಗಳ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಆಯಾ ಮಾದರಿಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಪರಿಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದ

ಮೇಲೆಯೇ ಸೂಕ್ತಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಆರಿಸಬೇಕು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಕಾಂತಜಡತ್ವ ಆವರ್ತ ರೇಖೆಗಳು ಅತ್ಯುಪಯುಕ್ತವಾದುವು.



ಚಿತ್ರ 3.8 ಕಬ್ಬಿಣ ಮತ್ತು ಉಕ್ಕುಗಳ ಜಡತ್ವ ಆವರ್ತ ರೇಖೆಗಳು

ಚಿತ್ರ (3.8) ದಲ್ಲಿ ಮೆದು ಕಬ್ಬಿಣ (I) ಮತ್ತು ಉಕ್ಕು(II)ಇವುಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಃ ವಾಗುವ B-H ಆವರ್ತಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ.

ಈ ಚಿತ್ರಗಳಿಂದ ಕಾಣುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು ಇವು :

ಮೆದು ಕಬ್ಬಿಣ (I)-OL– ಶೇಷಕಾಂತತ್ವ, OK- ಒತ್ತಾಯಕ ಬಲ. ಉಕ್ಕು (II) OL′ ಶೇಷಕಾಂತತ್ವ (ಪ್ರೇರೇಪಣೆ)– OK′ಒತ್ತಾಯಕಬಲ OL>OL′ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಮೆದುಕಬ್ಬಿಣದಲ್ಲಿ ಗರಿಷ್ಠ ಪ್ರೇರೇಪಣವು ಉಕ್ಕಿಗಿಂತ ಗಮನೀಯಃ ವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಆದರೆ, OK′>OK ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಉಕ್ಕಿನ ಒತ್ತಾಯಕ ಬಲವು ಕಬ್ಬಿಣಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಕಬ್ಬಿಣದ ಆವರ್ತದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು, ಉಕ್ಕಿನ ಆವರ್ತದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ. ಹೀಗಿರುವುದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತದ ಒಳಗಿನ ಭಾಗ (core)ಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯವಾದ ಆವಶ್ಯಕತೆ ಏನೆಂದರೆ, ಕಡಿಮೆ ಪ್ರೇರೇಪಿತ ಬಲಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಚೋದನೆ (induction). ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಮೆದು ಕಬ್ಬಿಣವು

ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾದದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿವರ್ತಕ ಮಧ್ಯಭಾಗಗಳಿಗೂ, ಟೆಲಿಫೋನ್ ಪರೆಗಳಿಗೂ ಕೂಡ, ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, ವಸ್ತುವು ಹಲವಾರು ಆವರ್ತಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವಾಗ, ಆರಂಭದಲ್ಲಿನ ವ್ಯಾಪಕತೆಯ ಗುಣಾಂಕ (μ) ವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೂ, ಶಕ್ತಿವ್ಯಯುವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿಯೂ ಇರಬೇಕು. ಈ ಗಣನೆಗಳಿಂದಲೂ, ಮೆದುಕಬ್ಬಿಣವೇ ಹೆಚ್ಚು ಗುಣವನ್ನು ಪಡೆದಿರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದೇ ಸಾಧುವಾಗುವುದು. ಕಬ್ಬಿಣದ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 4% ಸಿಲಿಕಾನ್ ಮಿಶ್ರಮಾಡಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿವರ್ತಕ ಉಕ್ಕು (Transformer steel) ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟರೆ, ಈ ಮಿಶ್ರಲೋಹದ ಆರಂಭ μ ಮೌಲ್ಯವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿವರ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಇವುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಗುಣವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತವೆ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಆರಂಭ μ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಮಾಡಲು, ಕಬ್ಬಿಣ ಮತ್ತು ನಿಕ್ಕಲ್ ಲೋಹಗಳನ್ನು ಮಿಶ್ರಮಾಡಿ ಹಲವಾರು ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳನ್ನು (alloys) ತಯಾರು ಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ 'ಪರ್ಮಲಾಯ್ಸ್' (perm-alloys) ಎಂದು ಹೆಸರು. 'ಮ್ಯೂಮೆಟಲ್' (Mumetal) ಮಿಶ್ರಲೋಹದ ಆರಂಭ μ ಮೌಲ್ಯವು 10,000 ಇಂದ 30,000 ವರೆಗೆ ಇರಬಹುದು.

ಇನ್ನು ಶಾಶ್ವತ ಕಾಂತಗಳ ನಿರ್ಮಾಣದ ವಿಷಯುವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಶೇಷ ಕಾಂತತ್ವವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೂ, ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಾಯಕ ಬಲವೂ, ಪರ್ಯಾಯ ಕಾಂತ ಪ್ರೇರಕ ಬಲಗಳಿಗೆ, ಮಣಿಯದೆ ಕಾಂತತತ್ವವನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಗುಣವೂ ಮುಖ್ಯವಾದುವು. ಶಕ್ತಿವ್ಯಯುವು ಅಷ್ಟು ಪ್ರಮುಖವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ, ಈ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ಪೂರೈಸಲು ಯೋಗ್ಯವಾಗುವಂತೆ, ಕ್ರೋಮಿಯಂ ಉಕ್ಕು ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ಉಕ್ಕುಗಳು ನಿರ್ಮಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಗಿಂತ 'ಕೋಬಾಲ್ಟ್ ಸ್ಟೀಲ್' ಎಂಬ, ಇಂಗಾಲ ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ಮತ್ತು ಕೋಬಾಲ್ಟ್‌ಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಮಿಶ್ರಲೋಹವು ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾದುದು. ಇದರ ಒತ್ತಾಯಕ ಕಾಂತಬಲವು ಸುಮಾರು 250 ಆಯರ್‌ಸ್ಟಡ್‌ಗಳಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ "ಆಲ್‌ನಿಕೊ" (Alnico) ಎಂಬ ಮಿಶ್ರಲೋಹವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ನಿಕ್ಕಲ್ 18%; ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯುಂ 10% ಕೋಬಲ್ಟ್ 12% ತಾಮ್ರ 6% ಮತ್ತು 54% ಕಬ್ಬಿಣ ಇರುತ್ತದೆ. 600°C ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆವಿಗೂ, ಈ ಮಿಶ್ರಲೋಹವು ಸುಮಾರು 70% ಕಾಂತತತ್ವವನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೂ ಹಲವಾರು ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಶಾಶ್ವತ ಕಾಂತಗಳಿಗೆ ಯೋಗ್ಯವಾಗುವ ಲೋಹವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಲೇ ಇವೆ. "ವಿಕ್ಕಲಾಯ್"

(Vicalloy) ಎಂಬ ಒಂದು ಮಿಶ್ರಲೋಹದಲ್ಲಿ ಕೋಬಾಲ್ಟ್, ವನೇಡಿಯಂ ಮತ್ತು ಕಬ್ಬಿಣಗಳು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಇದರ ಒತ್ತಾಯಕ ಬಲದ ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದಲ್ಲದೆ, ಇದರಿಂದ ತೆಳುವಾದ ತಂತಿಗಳನ್ನು ಟೇಪುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದರಿಂದ, ಧ್ವನಿಮುದ್ರಣ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಕಾಂತೀಯತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದದೆ ಇರುವಂಥ ಮಿಶ್ರಲೋಹವನ್ನು (non) magnetic)ಫರಾಂಟಿ ಕಂಪೆನಿಯು ತಯಾರಿಸಿದೆ. ನೋ - ಮ್ಯಾಗ್ (no-mag) ಎಂಬ ಮ್ಯಾಂಗನೀಸ್ ಉಕ್ಕು ಕೇವಲ 1.5 ಮೌಲ್ಯದ μಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಉಪಕರಣಗಳ ಭಾಗಗಳನ್ನೂ ಮಾಡಲ ಅವಕಾಶವಿದೆ.

3.9 ಕಾಂತೀಯ ಹರಿವು (flux) ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಚಾಲಕಬಲ (magnetomative force)

ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲದ ರೇಖೆಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ 'ಹರಿವು' ಅಥವಾ 'ಪ್ರವಾಹ' ಎಂಬ ಪದವು ಬಳಕೆಗೆ ಬಂದಿದೆ. ಯಾವುದೂ ಹರಿಯದೇ ಇದ್ದರೂ, ಆ ಪದಕ್ಕೆ ಬಲರೇಖೆಗಳ ಸಮೂಹ ಎಂಬ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕೊಡಬಹುದು. ಆದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಓಮ್ ಸೂತ್ರ (ohm's law) ವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸುವಂತೆಯೇ ಕಾಂತೀಯ ಹರಿವಿಗೂ ಒಂದು ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ತೋರ್ಪಡಿಸಬಹುದು.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತವನ್ನೇ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ ಅದರ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳಾದ N-S ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಗಾಳಿಯ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ, ಉತ್ತರ ಧ್ರುವದಿಂದ ನಿರ್ಗಮಿಸುವ ಚೋದನೆಯ ರೇಖೆಗಳು (lines of induction) ಹಾಯ್ದು, S ಧ್ರುವವನ್ನು ತಲುಪುವುದರ ಮೂಲಕ, ಕಬ್ಬಿಣದ ಮುಖಾಂತರ ಮತ್ತೆ N-ಧ್ರುವವನ್ನೇ ಬಂದು ಸೇರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಅಂದರೆ, ಈ ಚೋದನೆ ರೇಖೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದ ಮುಚ್ಚಿದ ವಕ್ರರೇಖೆಯಂತೆ ಇರುತ್ತವೆ. ಕಬ್ಬಿಣದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಹರಿವು N ಆದರೆ, ಇದೇ ಸಂಖ್ಯೆಯ ರೇಖೆಗಳು ಗಾಳಿಯ ಮೂಲಕವೂ ಪ್ರಸರಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಇದನ್ನು ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಮಂಡಲ (magnetic circuit) ಎಂದು ಕರೆದರೆ, ಈ ಮಂಡಲದ ಎಲ್ಲ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ರೇಖೆಗಳ ಹರಿವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ, ಹಲವಾರು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳು ಒಂದೇ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ (series) ಇರುವಾಗ, ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದೇ ಎಂಬುದನ್ನು ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಇದೇ ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಕ್ಕೆ (battery) ವಿಸ್ತರಿಸಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕಶಕ್ತಿ (E.M.F.) ಗೆ ಅರ್ಥ ಏನೆಂದರೆ : ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಏಕ ಮಾನ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ (electric charge) ವನ್ನು ಒಂದು ಸುತ್ತು ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಬೇಕಾಗುವ ಶಕ್ತಿಗೆ E.M.F. ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಸತ್ವದ ಧ್ರುವವನ್ನು ಒಂದು ಪೂರ್ಣಸುತ್ತು ಮಾಡಿಸಿದರೆ, ಮಾಡಲಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಗೆ ಕಾಂತೀಯ ಚಾಲಕ ಬಲ (M.M.F) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವಿದ್ದು. ಅದರ ನೇರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಸತ್ವದ ಧ್ರುವವನ್ನು ds ದೂರಕ್ಕೆ ಸರಿಸಿದರೆ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕೆಲಸವು H.ds. ಇಡೀ ಕಾಂತೀಯ ಮಂಡಲಕ್ಕೆ

$$M.M.F = \int H.ds \qquad 3.21$$

ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲ = H, ವ್ಯಾಪಕತೆ ಗುಣಾಂಕ = μ. ಅಡ್ಡ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ = A ಆದರೆ N = ಹರಿವು = $\mu.H.A.$ ಮತ್ತು $H = \frac{N}{\mu A}$

3.22

ಅದ್ದರಿಂದ, $$M.M.F = \int \frac{N}{\mu A} . ds$$

ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ N = ನಿಯತಾಂಕವಾದರೆ,

$$M.M.F = N \int \frac{ds}{\mu A} \qquad 3.23$$

ಅಥವಾ $$N = \frac{M.M.F}{\int \frac{ds}{\mu A}} \qquad 3.24$$

ಇಲ್ಲಿ $\int \frac{ds}{\mu A}$ = ಮಂಡಲದ ಕಾಂತೀಯ ವಿಮುಖತೆ (magnetic reluctance)

ಆದರೆ, N = ಹರಿವು = $\frac{\text{M.M.F}}{\text{ವಿಮುಖತೆ}}$ 3.25

ಇದನ್ನು ಪೂರ್ಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಓಮ್ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ

ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ = $\frac{\text{E.M.F}}{\text{ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧ (resistance)}}$ 3.26

ಇದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧಕ್ಕೆ ಇರುವ ಪಾತ್ರವು, ಕಾಂತೀಯ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿಮುಖತೆಗೆ ಬಂದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಕಾಂತೀಯ ಹರಿವಿಗೆ ಏಕಮಾನವು ಒಂದು ರೇಖೆ ಆದರೆ, ಇದನ್ನು 'ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ವೆಲ್' (maxwell) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಈಗ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸುರಳಿಯ ಒಟ್ಟು ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು n ಆದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು c ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳಾದರೆ, ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಸತ್ವದ ಧ್ರುವವನ್ನು ಸುರಳಿಯ ಹಾದಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪೂರ್ತ ಸುತ್ತನ್ನು ಮಾಡಿಸಿದರೆ, ಆಂಪಿಯರ್ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ, ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಒಟ್ಟು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು $\frac{4\pi nc}{10}$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇದೇ M.M.F ಆಗುವುದರಿಂದ,

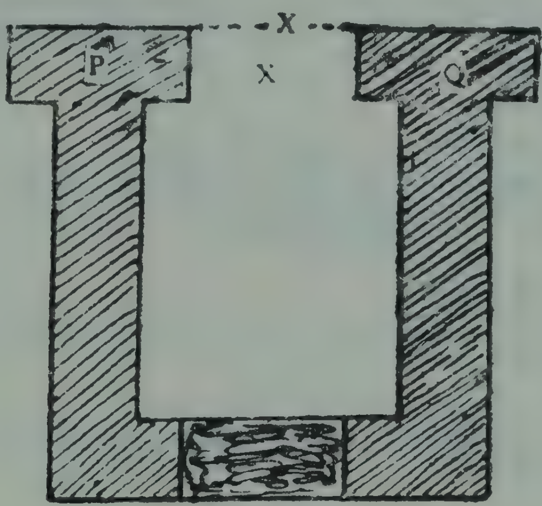
M.M.F = $\frac{4\pi nc}{10}$ ಏಕಮಾನಗಳು = $1.257\times$ ಆಂಪಿಯರ್ ಸುತ್ತುಗಳು 3.27

ಇಲ್ಲಿ $(n\times c)$ = ಸುರಳಿಯ ಸುತ್ತುಗಳು $\times$ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ (ಆಂಪಿಯರ್)
= ಆಂಪಿಯರ್ ಸುತ್ತುಗಳು (ampere turns) 3.28

$C=1$ ಆಂಪಿಯರ್, $n=100$ ಸುತ್ತುಗಳಾದರೆ,
ಇದು $100\times 1=100$ ಆಂಪಿಯರ್ ಸುತ್ತುಗಳು
M.M.F ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ "ಗಿಲ್‌ಬರ್ಟ್" ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ M.M.F = $\frac{4\pi}{10}\times 100$ = "40π" ಗಿಲ್‌ಬರ್ಟ್‌ಗಳು. ಇದನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸಲು ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತದ ಮಧ್ಯಭಾಗದ ಒಟ್ಟು ಉದ್ದವು 50ಸೆಂ.ಮಿ.ಗಳಾಗಿರಲಿ. ಇದನ್ನು (3.9) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ PXQX ಎಂಬ ಎರಡು ಧ್ರುವ

ಗಳ ನಡುವೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಸರಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಗಾಳಿಯ ಅಂತರವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು. ಮಧ್ಯಭಾಗ ಮತ್ತು ಧ್ರುವಗಳ ಭಾಗಗಳ ಅಡ್ಡಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು $A=2.5$ ಚದರ ಸೆಂ.ಮಿ. ಆಗಿಯೂ, ಕಬ್ಬಿಣದ $\mu=4000$ ಆಗಿಯೂ ಇರಲಿ. $c=1$ ಆಂಪಿಯರ್, $n=100$ ಸುತ್ತುಗಳು.



ಚಿತ್ರ : 3.9 ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತದ ಮೂಲಕ ಹರಿವು

ಈಗ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತದ ಮಧ್ಯಭಾಗದ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸುವ ಕಾಂತೀಯ ಹರಿವನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡೋಣ.

(i) ಮೊದಲು, PX, QX ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳೂ ಒಟ್ಟಿಗಿದ್ದು ನಡುವೆ ಅಂತರವಿಲ್ಲದಿರುವಾಗ

$$\text{ವಿಮುಖತೆ} = \int \frac{ds}{\mu A} = \frac{60}{4000 \times 2\cdot5} = \frac{6}{1000}$$

ಅದ್ದರಿಂದ $\text{M.M.F} = 4\pi n\cdot c = \frac{4\cdot \pi \times 100}{10} = 40\pi\cdot$ ಗಿಲ್‌ಬರ್ಟ್

$$\therefore N = \frac{\text{M.M.F.}}{\text{ವಿಮುಖತೆ}} = \frac{40\pi}{\frac{6}{1000}} = \frac{40 \times 1000}{6}\pi = 20930$$

ಮಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ಗಳು

(ii) ಈಗ, ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಒಂದು ಮಿ.ಮೀ. ಮೂಲಕ ಸೇರಿಸಿದರೆ, $X = 0.1$ ಸೆಂ.ಮೀ.

ಆಗ, $ds = 59.9$ ಸೆಂ.ಮೀ. (ಕಬ್ಬಿಣ) + 0.1 ಸೆಂ.ಮೀ. (ಗಾಳಿ)

$$\therefore \int \frac{ds}{\mu A} = \frac{59.9}{4000 \times 2.5} + \frac{0.1}{2.5} = 0.046$$

ಆದ್ದರಿಂದ $N = \frac{40\pi}{0.046} = 2730$ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ಗಳು

(iii) PX, XQ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ತೆಗೆದೇ ಬಿಟ್ಟರೆ,

50 ಸೆಂ.ಮೀ. ಕಬ್ಬಿಣ ಮತ್ತು 10 ಸೆಂ.ಮೀ. ಗಾಳಿ ಉಳಿಯುತ್ತವೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ $\int \frac{ds}{\mu A} = \frac{50}{4000 \times 2.5}$ (ಕಬ್ಬಿಣ) $+ \frac{10}{2.5}$ (ಗಾಳಿ)

$= 4\ 005$

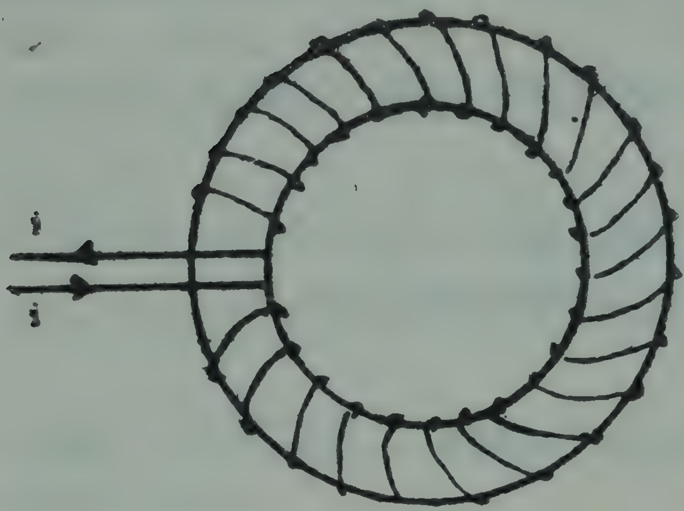
$N = \frac{40\pi}{4.005} = 31$ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ಗಳು

ಇದರಿಂದ ನಮಗೆ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ: ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವಾಗ, N ಮೌಲ್ಯವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು, ಅವುಗಳನ್ನು ತೆಗೆದು, ಬರೀ ಗಾಳಿಯ ಅಂತರವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದರೆ, ಎಷ್ಟು ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ, 10 ಸೆಂ.ಮೀ. ಕಬ್ಬಿಣದ ಅಂತರವನ್ನು 10 ಸೆಂ.ಮೀ. ಗಾಳಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿದರೆ, N ಮೌಲ್ಯವು 20,930ದಿಂದ ಕೇವಲ 31 ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ಗಳಿಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿವರ್ತಕಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವಾಗ, ಅವುಗಳ ಮಧ್ಯಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಬ್ಬಿಣದ ವಸ್ತುವಿನ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಮಂಡಲದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

3.10 ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗಿರುವ ಶಕ್ತಿ

ಈಗ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇದರಲ್ಲಿ ಬಳೆಯ ಆಕಾರದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕದಿಂದ ಆವೃತವಾದ ವಾಹಕತಂತಿಯನ್ನು ಸುರಳಿಯಂತೆ ಸುತ್ತಿದಂತೆ ಭಾವಿಸೋಣ. (ಚಿತ್ರ 3.10) ಇದರಲ್ಲಿ



ಚಿತ್ರ 3.10 ಕಬ್ಬಿಣದ ಬಳೆ ತಂತಿಯುರಳು (solenoid)

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ.

ಬಳೆಯ ಅಡ್ಡಕ್ಷೇತ್ರಫಲ = A ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ.

l = ಸರಾಸರಿ ಉದ್ದ

N = ಒಟ್ಟು ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ

c = ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ (ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳು)

i = ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ (e.m. ಮಾನಗಳು)

μ = ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವಿನ ವ್ಯಾಪತೆಯ ಗುಣಾಂಕ

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು i (e.m. ಮಾನ) ಆಗಿದ್ದಾಗ, ಹರಿವು (flux) = B ರೇಖೆಗಳು (1 ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ)

ಒಂದೊಂದು ಚೋದನೆ ರೇಖೆಯು ಎಲ್ಲ N ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಛೇದಿಸುತ್ತದೆ. ಮುಂದಿನ δt ಸೆಕೆಂಡ್ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಚೋದನೆ $A.\delta B$

ಇವುಗಳು N ಸುತ್ತುಗಳೊಡನೆ ಮಾಡುವ ಛೇದನಗಳು = $A.\delta BN$

ಇದರಿಂದ, ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾಗುವ ಹಿಂದು E.M.F. (Back emf) = $N.A.\dfrac{\delta B}{\delta t}$

ಇದನ್ನು ಸರಿತೂಗಿಸಲು, ಸುರಳಿಯೊಳಗೆ ಒದಗಿಸಬೇಕಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣವು = $i.\delta t$

ಅಂದರೆ,ಬಾಹ್ಯವಿದ್ಯುತ್‌ಮಂಡಲಿಯಿಂದ ಒದಗಿಸಬೇಕಾಗಿರುವ ಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರಮಾಣವು

$i \cdot \delta t \cdot N \cdot A \cdot \frac{\delta B}{\delta t}$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳು (emf. × ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣ)

ಇದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯು ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸುರಳಿಯ ಮಧ್ಯಭಾಗಕ್ಕೆ (core) ವರ್ಗಾಯಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲ $= H = \frac{4\pi ni}{l} \quad \therefore \quad Ni = \frac{Hl}{4\pi}$. 3.28

ಮಧ್ಯಭಾಗಕ್ಕೆ ಒದಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಶಕ್ತಿ $= Ni. A. \delta B.$

$$= \frac{Hl}{4\pi} . A. \delta B.$$

(ಒಟ್ಟು ಗಾತ್ರ $= A.l$)

$$= \frac{H}{4\pi} . \delta B$$

ಎರ್ಗ್‌ಗಳು (ಒಂದು ಏಕಮಾನಗಾತ್ರ)

∴ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಒದಗಿಸಬೇಕಾದ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ

$$= \frac{1}{4\pi} \int H. dB.$$

$$= \frac{1}{4\pi\mu} \int B.dB = \frac{B^2}{2 \times 4\pi\mu} = \frac{\mu.H^2}{8\pi}$$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳು.

ಆದ್ದರಿಂದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗಿರುವ ಶಕ್ತಿಯು (ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ)

$= \frac{\mu H^2}{8\pi}$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳು. 3.29

3.11. ಅನುಕಾಂತೀಯ ಮತ್ತು ಅಡ್ಡ ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳು

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಾಂತತ್ವ ಗುಣಗಳು

ಇದ್ದೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಇವುಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಅಳೆದು ತೋರಿಸಲು ಆಯಾ ವಸ್ತುಗಳ ವೇದನೀಯತೆ (k) ಮತ್ತು ವ್ಯಾಪ್ಯತೆಯ ಗುಣಾಂಕಗಳು ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ವಿಧಾನಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ವಸ್ತುಗಳು ಘನ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಇದ್ದರೂ ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಗುಣಾಂಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಅಳತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

ಈ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ನಾವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಮೂರು ಬಗೆಯ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಹುದು.

I

(i) **ಅನುಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳು** : ಇವುಗಳ ವ್ಯಾಪಕತೆಯ ಗುಣಾಂಕಗಳು (μ) 1 ಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಇವುಗಳ ವೇದನೀಯತೆಗಳ (k) ಮೌಲ್ಯಗಳು ಧನ (+) ವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಉದಾಹರಣೆ:

	K (1 ಗ್ರಾಂ ಗೆ)	$\mu = 1 + 4\pi k$
ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡ್	$+0.65 \times 10^{-6}$ (e.mu.)	1.000082
ಮ್ಯಾಂಗನೀಸ್	$+1.1 \times 10^{-6}$	1.000138
ದ್ರವೀಕೃತ ಆಮ್ಲಜನಕ	$+0.234 \times 10^{-6}$	1.0000029
ಪ್ಲಾಡಿನಂ	$+1.71 \times 10^{-6}$	1.00002

(ii) **ಅಡ್ಡಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳು**

	K (1 ಗ್ರಾಂ ಗೆ)	μ
ಆಂಟಿಮೊನಿ	-0.95×10^{-6}	0.999988
ಬಿಸ್ಮತ್	-1.4×10^{-6}	0.999983
ಇಂಗಾಲ (ವಜ್ರ)	-0.18×10^{-6}	0.999998
ತಾಮ್ರ	-0.087×10^{-6}	—
ಬೆಳ್ಳಿ	-0.19×10^{-6}	—
ನೀರು	-0.77×10^{-6}	—
ಜಲಜನಕ	-0.164×10^{-9} (ಒಂದು cc ಗೆ)	—

(iii) **ಅಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳು**: ಇವುಗಳ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆಯ ಗುಣಾಂಕಗಳು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು ಸುಮಾರು 150 ರಿಂದ 30,000 ವರೆವಿಗೂ ಇರಬಹುದು.

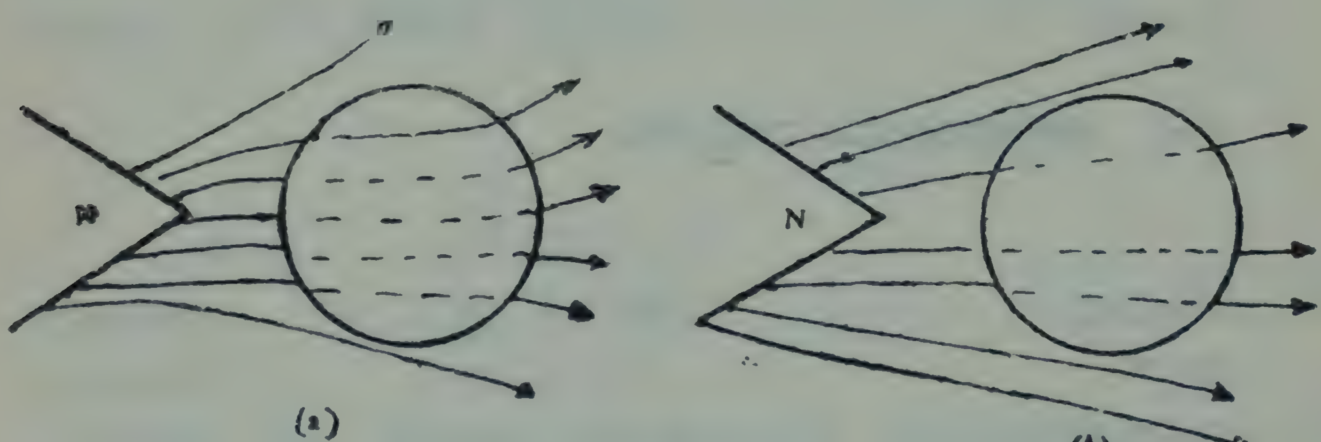
ಈ ಗುಂಪಿಗೆ, ಕಬ್ಬಿಣ, ನಿಕ್ಕಲ್, ಕೋಬಾಲ್ಟ್ ಮತ್ತು ಇತರ ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಬಹುದು.

	μ (ಗರಿಷ್ಠಮಿತಿ)	
ಕೋಬಾಲ್ಟ್	170	
ನಿಕ್ಕಲ್	400–1000	
ಕಬ್ಬಿಣ	6000–8000	
ಸಿಲಿಕಾನ್ ಉಕ್ಕು	5000–30000,	
ಪರ್ಮಲಾಯ್	80,000	ಇತ್ಯಾದಿ

II

ಅನುಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲವಾದ ಭಾಗಗಳ ಕಡೆ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳು ಈ ವಸ್ತುಗಳ ಕಡೆ ಇಕ್ಕಟ್ಟಾಗಿ ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಕಾಂತವು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ.

ಅಡ್ಡಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳಾದರೋ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟರೆ, ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಹೊರಗಡೆ ಅಪಸಾರಹೊಂದುವ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಸುತ್ತಲೂ ಕಾಂತಬಲ ರೇಖೆಗಳು ಬಹಳ ವಿರಳವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು.



(a) ಅನುಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವಿನ ಸುತ್ತಲೂ ರೇಖೆಗಳು

(b) ಅಡ್ಡಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವಿನ ವರ್ತನೆ

ಚಿತ್ರ 3.11 ಅನುಕಾಂತೀಯ ಮತ್ತು ಅಡ್ಡಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳು

III

ಅನುಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳ 'K' ಮೌಲ್ಯವು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ, ಅದರ ಮೌಲ್ಯವು ಕಡಿಮೆ

ಯಾಗುತ್ತದೆ. ಕ್ಯೂರಿಯು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿರುವ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ,

$$k \alpha \frac{1}{T} \qquad 3.30$$

ಇಲ್ಲಿ T ಉಷ್ಣಾಂಶವು ನಿರಪೇಕ್ಷಕ ಮಾನದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ನಿರಪೇಕ್ಷಕ ಶೂನ್ಯದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ, ಸುಮಾರು 0.003° k, ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆವಿಗೂ ಇಳಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

IV

ಒಂದು ವಸ್ತುವು ಅನುಕಾಂತೀಯವೇ ಅಥವಾ ಅಡ್ಡಕಾಂತೀಯವೇ ಎಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಒಂದು ಸರಳ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು. ವಸ್ತುವಿನ ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ದಂಡದ ಆಕಾರದ ಮಾದರಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯುತ್‌ಚಾಲಕದ ಚೂಪಾದ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ನೇತುಹಾಕಿದರೆ, ಅನುಕಾಂತೀಯ ವಾಗಿದ್ದರೆ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಅಕ್ಷದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಅಂತಿಮವಾಗಿ ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಹಾಗಲ್ಲದೆ, ಅದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಲಂಬನೇರದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಅಡ್ಡಲಾಗಿ ನಿಂತರೆ, ಅದು ಅಡ್ಡಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವಾಗಿರಬೇಕು.

V

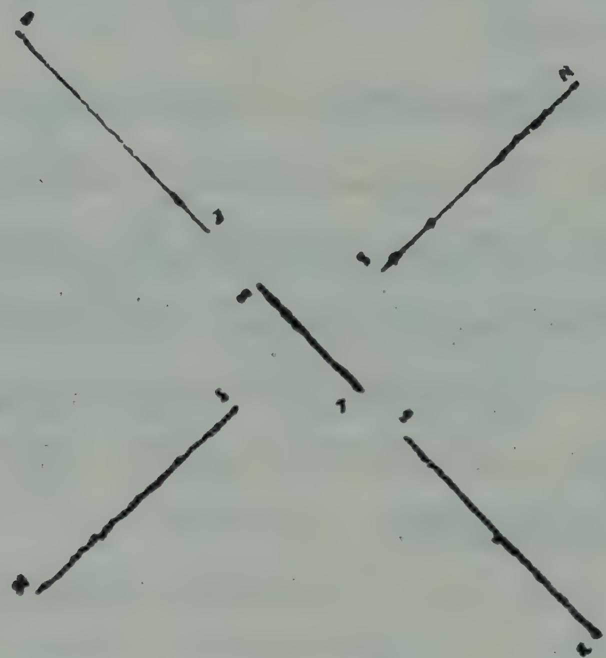
ವೀಬರ್ – ಯೂಯಿಂಗ್ ಅಣುಸಿದ್ಧಾಂತ

ಇದುವರೆವಿಗೂ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ಹಲವಾರು ಕಾಂತತ್ವಗುಣಗಳಿಗೆ ಸಮರ್ಥನೆ ಬರುವಂತೆ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಬೇಕು.

ವೀಬರ್ ನಿರೂಪಿಸಿದ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದದೆ ಇರುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಅಣುಕಾಂತಗಳು ತಮ್ಮ ಅಕ್ಷಗಳನ್ನು ಯದ್ವಾ ತದ್ವಾ ಸ್ಥಾಪಿಸಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಕಾಂತೀಯತೆಯ ಬಲಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿಸು ವುದರ ಪರಿಣಾಮವೇನೆಂದರೆ, ಕ್ರಮಬದ್ಧವಲ್ಲದ ಅಣುಕಾಂತಗಳ ಅಕ್ಷಗಳ ಜೋಡಣೆ ಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಶಿಸ್ತು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ, ಸಮಾನ ಧ್ರುವಗಳೆಲ್ಲವೂ ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ತಿರುಗಿಸಲ್ಪಡತ್ತವೆ. ಈ ತತ್ವದ ಗುಣಗಳೇನೆಂದರೆ: ದಂಡಕಾಂತದ ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸಮಾನ ಧ್ರುವಗಳು ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಕಾಂತೀಯತೆಗೆ ಒಳ ಪಟ್ಟ ದಂಡಕಾಂತದ ಉದ್ದದ ಪ್ರಮಾಣವು ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಮೆದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಅಣುಗಳು ಉಕ್ಕಿನ ಅಣುಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಅನಮ್ಯತೆ (less rigidity) ಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಅಕ್ಷಗಳು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲದ ಅಕ್ಷದ

ಕಡೆಗೆ ತಿರುಗುತ್ತವೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದರೆ, ಕಾಂತತ್ವ ಗುಣವು ನಾಶಹೊಂದು ವುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ ಅಣುಕಾಂತಗಳ ಜೋಡಣೆಯು ಸಡಿಲವಾಗುತ್ತದೆ.

ಇವೇ ಮುಂತಾದ ಕೆಲವು ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ವೀಬರ್ ತತ್ವವು ಸಮರ್ಥನೆಕೊಡು ತ್ತವೆ. ಯೂಯಿಂಗ್ ತತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ, ಅಯಸ್ಕಾಂತೀಯ (ferro - magnetic substances) ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಂತಜಡತ್ವವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು, ಅಣುಕಾಂತಗಳೆಲ್ಲವೂ ಗುಂಪು ಗುಂಪಾಗಿ ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಗುಂಪು ಗುಂಪಾಗಿ ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳುವ ಒಂದೊಂದು ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೂ ಪ್ರಭಾವಕ್ಷೇತ್ರ (domain) ವೆಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 3.12 ಪ್ರಭಾವದ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ತತ್ತ್ವ (Domains Theory)

ಈ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಹಂಚಿಕೆಯ ರೂಪವನ್ನು ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರವು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಂದು ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದ (stable) ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಬಾಹ್ಯ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಒಂದು ದುರ್ಬಲ ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಮಾಡಿ ಅದನ್ನು ಕ್ರಮೇಣ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತಾಹೋದರೆ ಅಣು ಕಾಂತಗಳು ಸ್ವಲ್ಪ ಭ್ರಮಣ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿದ್ದ ಜೋಡಣೆ ಕ್ರಮವು ಬದಲಾಯಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ವರ್ತನೆಯು ಚಿತ್ರ (3.5) ದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ಕಾಂತ ಜಡತ್ವದ ಆವರ್ತ ರೇಖೆಯ ಮೊದಲನೆಯ ಭಾಗ (o j) ಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಬಾಹ್ಯಕಾಂತಬಲದ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ತೆಗೆದುಬಿಟ್ಟರೆ, ಗುಂಪಿನ ಪೂರ್ವಸ್ಥಿತಿಯು ಮತ್ತೆ ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದಾದ ನಂತರ, ಕಾಂತಪ್ರೇರಕ ಬಲ (H) ವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ಅಣುಕಾಂತಗಳೆಲ್ಲವೂ ಒಂದು ಅಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುವ ಸಂದರ್ಭವು ಬರುತ್ತದೆ. ಆಗ, ಅವುಗಳು ಒಂದು ಹೊಸ ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯ ಕಡೆಗೆ ತಿರುಗುತ್ತವೆ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು 3.5 ಚಿತ್ರದ ಮೇಲ್ಭಾಗದ (PA) ಕಡಿದಾದ ಭಾಗವು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಅನೇಕ ಗುಂಪುಗಳು ಒಡೆಯು

ಲ್ಪಟ್ಟರೆ, ರೇಖೆಯು C ಬಿಂದುವಿನ ಸಂತುಷ್ಟ (saturation) ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯ ನಂತರ, H ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕ್ರಮೇಣ ಕಡಮೆಮಾಡಿದರೂ, ಬಹುಸಂಖ್ಯಾತ ಅಣುಗಳು ತಮ್ಮ ಹೊಸ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಕೆಲವು ಮಾತ್ರ ತಮ್ಮ ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಹಿಂತಿರುಗುವ ಸಂಭವವಿದೆ. ಹೀಗಾಗುವುದರಿಂದ H=O ಆದರೂ, ಹೊಸ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯೇ ಮುಂದುವರಿಯುವುದರಿಂದ OD ಎಂದು ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ಶೇಷ ಕಾಂತತ್ವವು ಅಳಿಯದೆ ಉಳಿದಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಈ ಪ್ರಭಾವ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ತತ್ವದ ನಿರೂಪಣೆಯಾಗಿದ್ದು ಕಾಂತಜಡತ್ವ ಗುಣವನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವಸ್ತುವನ್ನು ಒಂದು ಪೂರ್ತಿ ಆವರ್ತದ ಮೂಲಕ ಕೊಂಡು ಒಯ್ದಾಗ, ಅಣು ಕಾಂತಗಳು ತಮ್ಮ ಹೊಸಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರದೆ ಆಂದೋಳನಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯುಂಟಾಗಿ ಇದೇ ಶಾಖದ ರೂಪವನ್ನು ತಾಳುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಉಷ್ಣದ ಉತ್ಪಾದನೆಯನ್ನೂ ಸಮರ್ಥಿಸುವಂತಾಯಿತು.

3.12 ಆಧುನಿಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ (Modern Electron Theory)

ಇದುವರೆವಿಗೂ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ತತ್ವಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಕಾಂತತ್ವ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಅಣುಕಾಂತಗಳ ಕಾಂತತ್ವ ಗುಣಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ, ಆದರೆ, ಈ ಅಣು ಕಾಂತಗಳಿಗೆ ಹೇಗೆ ಕಾಂತತ್ವವು ಇರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಸಕಾರಣವಾದ ವಿವರಣೆಯಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ, ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವು ರೂಪುಗೊಂಡು, ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ರಚನೆ ಇದೆ ಎಂಬುದು ಗೊತ್ತಾದ ಮೇಲೆಯೇ ಕಾಂತತ್ವ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ನಿಜವಾದ ಕಾರಣಗಳು ವ್ಯಕ್ತವಾದುವು. ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ವಸ್ತುವಿನ ಗುಣಗಳೆಲ್ಲವೂ ಅದರ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳಿವೆ. ಮೊವಲನೆಯದು ಅದರ ಬೀಜ (nucleus) – ಪರಮಾಣುವಿನ ಬಹುತೇಕ ತೂಕವೆಲ್ಲವೂ ಈ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿದ್ದು ಆ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳೂ, ಶೂನ್ಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳಾದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ, ಗಣನೀಯವಾದ ದೂರದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಗೊತ್ತಾದ ಕವಚಗಳಲ್ಲಿ (shell) ಹಂಚಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ದೀರ್ಘವೃತ್ತ (elliptical) ದ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ತಿರುಗು

ತ್ತಿವೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ತಮ್ಮ ಅಕ್ಷಗಳ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತಲೂ ಇವೆ. ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲೂ ಗೊತ್ತಾದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯು ಸುತ್ತುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಣವನ್ನೂ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ವರ್ತುಲ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವುದರಿಂದಲೇ, ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಬೇಕು. ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳಿಂದ, ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಇದೇ ವಸ್ತುವಿನ ಕಾಂತತ್ವ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಮೂಲ ಕಾರಣವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ. ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ, ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಭಿನ್ನವಾದರೂ, ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯೂ ಇದ್ದೇ ಇರಬೇಕು ಎಂದು ಅರ್ಥಬರುತ್ತದೆ. ಪಥದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಭ್ರಮಣ (spin) ವೂ ಇರುವುದರಿಂದ, ಈ ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಚಲನೆಗಳಿಂದಲೂ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ನಾವು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಹಿಂದಿನ ತತ್ವಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಅಣು ಕಾಂತಗಳ ಕಲ್ಪನೆಯು ಅವಶ್ಯಕವಿಲ್ಲ.

ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು e (e, m. ಮಾನ), ದ್ರವ್ಯಾಂಶ m, ಅದು ಸುತ್ತುವ ವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯ = r, ω = ಕೋನಿಯ ವೇಗ ಆದರೆ, ಸುತ್ತುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ಸಮವಾಗುವ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವವು M ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$M = \tfrac{1}{2} e\omega . r^2$$

ಕೋನೀಯ ಆವೇಗ (angular momentum) = $m \omega r^2$.

ಪ್ಲಾಂಕ್ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಈ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗವನ್ನು

$\frac{nh}{2\pi}$ (h = ಪ್ಲಾಂಕ್‌ನಿಯಕಾಂಕ, n = ಪೂರ್ಣಾಂಕ) ಆಗಬೇಕು,

ie. $m \omega r^2 = \frac{nh}{2\pi}$; $\omega r^2 = \frac{nh}{2\pi m}$.

$$\therefore \quad M = \frac{e}{2m} \frac{nh}{2\pi} = n \frac{eh}{4\pi m} \quad (n = 1,2,\ldots) \qquad 3.30$$

$e = 1.6 \times 10^{-20}$ e.m.u

$h = 6.6 \times 10^{-27}$ ಎರ್ಗ್ ಸೆಕೆಂಡ್

$m = 9 \times 10^{-28}$ ಗ್ರಾಂ

$n = 1$ ಆದರೆ,

$$\underline{M} = 9.2 \times 10^{-21} \text{ c.g.s ಮಾನಗಳು} \qquad 3.31$$

ಇದಕ್ಕೆ 1 ಭೋರ್ ಮ್ಯಾಗ್ನಟಾನ್ (Boh magneton) ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಹೀಗಾಗಿ, ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವದ ಪ್ರಮಾಣವು 1,2,3... ಮ್ಯಾಗ್ನಟಾನ್‌ಗಳಾಗಿರ ಬೇಕು. ಆದುದರಿಂದ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಕಾಂತೀಯ ಬುಗುರಿಯೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ಈಗ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಒಂದೊಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಚಲನದಿಂದಲೂ, ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವವು ಅವುಗಳೆಲ್ಲದರ ಮೊತ್ತವಾಗಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವಾಗ, ಚಲನ ಮಾಡುವ ದಿಕ್ಕನ್ನೂ ಕೂಡ ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಎರಡು ಎಲೆ ಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಇವುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಅಣು ವಿನಲ್ಲಿ ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವಾಗ ಅದನ್ನು ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಕವಚ (magnetic shell)ದಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಎರಡೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಮ ನಾಗುವಂಥ ಕಾಂತೀಯ ಕವಚಗಳ ಸಮತಲಗಳು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿಯೂ ಇರ ಬಹುದು (parallel) ಅಥವಾ ವಿಮುಖ (anti-parallel) ವಾಗಿಯೂ ಇರ ಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವ ದಿಕ್ಕು ವಿರೋಧವಾಗಿರಬಹುದು. ಒಂದು ಪ್ರದಕ್ಷಿಣ (clock wise)ಆಗಿದ್ದರೆ, ಇನ್ನೊಂದು ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿರಬಹುದು. ಹೀಗಾಗಿ, ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವು ಪ್ರಬಲವಾಗಿಯೋ ಅಥವಾ ಶೂನ್ಯವಾಗಿಯೋ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಪ್ರಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವಿದ್ದರೆ, ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳ ಗುಂಪಿಗೂ, ದುರ್ಬಲವಾಗಿದ್ದರೆ ಅನುಕಾಂತೀಯ ಗುಂಪಿಗೂ, ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವಾಗ ಅಡ್ಡ ಕಾಂತೀಯ ಗುಂಪಿಗೂ ವಸ್ತುಗಳು ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ಎರಡು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ತಮ್ಮ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ತಿರುಗು ತ್ತಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವಗಳು ಸಮನಾಗಿಯೂ, ವಿರೋಧವಾಗಿಯೂ

ಇರುವುದರಿಂದ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಮಹತ್ವವು ಶೂನ್ಯವಾಗಬೇಕು. ಹೀಗಿದ್ದರೂ, ಈ ವಸ್ತುವನ್ನು ಬಾಹ್ಯ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ, ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವವು ಪ್ರೇರೇಪಿಸಲ್ಪಡುವ (induced) ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದರ ಮೂಲಕ, ಲೆನ್ಜ್ ಸೂತ್ರ (Lenz's law) ದ ಪ್ರಕಾರ, ಪ್ರೇರೇಪಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಬಲವು ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿರಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಬಾಹ್ಯಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಪಥಗಳು ಬದಲಾಗದಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ವೇಗಗಳ ವೃದ್ಧಿಯೋ, ಅಪಕರ್ಷವೋ ಆಗಬಹುದು. ಕೋನೀಯ ವೇಗದ ಬದಲಾವಣೆಯಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವವು ಬದಲಾಗಬಹುದು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಲಾಂಗಿವಿನ್ (Langevin) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ರಚಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಅವನು ಮಾಡಿದ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದ ಪ್ರಕಾರ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಏರ್ಪಡುವ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಋಣ (–) ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗುವುದರಿಂದ ವೇದನೀಯ ಗುಣಾಂಕವು (K) ಋಣವಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳೂ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೇ ಅಡ್ಡಕಾಂತೀಯವಾಗಿರಬೇಕು. ಇದರಿಂದ, ಕಾಂತೀಯ ತೀವ್ರತೆಯು (I) ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅಡ್ಡ ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವು, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಇದೇ ವರ್ತನೆಯನ್ನೇ ಬಿಸ್ಮತ್ (Bi) ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ. ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದ ಎಲ್ಲ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪಥಗಳ ಮೊತ್ತ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಮೊತ್ತ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವವು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದ್ದು ಅವುಗಳು ಅನುಕಾಂತೀಯವಾಗುತ್ತವೆ. ಬಾಹ್ಯಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಯೋಗದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ, ಎಲ್ಲ ಕವಚಗಳೂ ಆ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರದ ಕಡೆಗೆ ತಿರುಗುತ್ತವೆ. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ಮಹತ್ವಗಳು ಸರಿಯಾಗಿ ಸಮತೂಕವಾಗಿರದೆ, ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣವು ಉಳಿದೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಅನುಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರಿದರೆ, ಪರಮಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಅಣುಗಳು ಸ್ಥಾನ ಪಲ್ಲಟಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪಥಗಳೆಲ್ಲವೂ, ಬಾಹ್ಯಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರದಲ್ಲಿ ತಿರುಗಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಾರದು. ಹೀಗಾಗಿ, ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯಿಂದ, ಅನುಕಾಂತೀಯತೆಯು ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ,

ಇನ್ನು ಅಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳು ವಿವರಿಸಬೇಕಾದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣಗಳು ತಮ್ಮ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತತ್ವವೇ ಪ್ರಧಾನವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಅಯಸ್ಕಾಂತೀಯ

ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ತಮ್ಮ ಭ್ರಮಣದಿಂದ ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಪಥವಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವುದರಿಂದಲೂ, ಮತ್ತೊಂದು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವುದರಿಂದಲೂ, ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಗಣಿತ ಮಾಡಿ ನೋಡಿದರೆ, ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ, ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವ ಮತ್ತು ಕೋನೀಯ ಆವೇಗದ ಪರಸ್ಪರ ಅನುಪಾತವು. ಕೇವಲ ಪಥದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸುತ್ತುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಅನುಪಾತಕ್ಕಿಂತ ಎರಡರಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ. ಅಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಇದು ಅನ್ವಯಿಸುವುದರಿಂದ, ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವವೇ ಪ್ರಧಾನವೆಂದು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. MnO_2 ಅಂಥ ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮಹತ್ವಗಳೂ ವಿರೋಧವಾಗಿದ್ದು ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತತ್ವವು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ ಇವುಗಳನ್ನು ಅಯಸ್ಕಾಂತ ವಿರೋಧಿ (anti-ferromagnetic) ಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿಸಬೇಕಾಗುವುದು.

ಈ ಎಲ್ಲ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನವಲನಗಳೇ ಆಯಾವಸ್ತುಗಳ ವಿವಿಧ ರೂಪದ ಕಾಂತೀಯ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿರುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ದೃಢವಾಗಿ ಸ್ಥಿರೀಕರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

4. ಸ್ಥಿರ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿ

4.1 ಸ್ಥಿರವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿ ವಾಹಕಗಳು ಮತ್ತು ಅವಾಹಕಗಳು

ಮೊದಲನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಒಂದು ಗಾಜಿನ ತುಂಡನ್ನು ರೇಷ್ಮೆ ಬಟ್ಟೆಯಿಂದ ಉಜ್ಜಿದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕಾಗದ ತುಂಡುಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಬನೈಟ್ ಸರಳನ್ನು ಉಣ್ಣೆವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಉಜ್ಜಿದಲ್ಲಿ ಅದರಲ್ಲಿಯೂ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆಯೇ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಹಗುರ ವಸ್ತುಗಳು ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಉದ್ರೇಕಗೊಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಗಾಜಿನ ಮತ್ತು ಎಬನೈಟ್ ಫಲಕಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತವಾದುದೆಂದು (electrified) ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಈ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗಳು ವಿರುದ್ಧ ಚಿಹ್ನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವುದು. ಅಂದರೆ ಗಾಜಿನ ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಎಬನೈಟ್ ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ ಎಂದು ಸಂಕೇತವಿರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಉಜ್ಜಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ರೇಷ್ಮೆ ಮತ್ತು ಉಣ್ಣೆ ಬಟ್ಟೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಇರುವುದಾಗಿಯೂ, ಆದರೆ, ರೇಷ್ಮೆಯಲ್ಲಿ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಉಣ್ಣೆಯಲ್ಲಿ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯೂ ಉಳಿದಿರುವುದಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಸ್ಥಿರವಿದ್ಯುತ್ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಮತ್ತೊಂದು ರೂಪವಾದ ಚಲ ವಿದ್ಯುತ್ (current electricity) ಶಕ್ತಿಯ ವಿಷಯವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪ ಮಾಡಲಾಗುವುದು.

ಸ್ಥಿರವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಸಮಂಜಸವಾದ ವಿವರಣೆಯು ಆಧುನಿಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ತತ್ವದಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಂದು ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿಯೂ, ಅದರ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರಚನೆ ಇದೆ. ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶೂನ್ಯತೆ ಇದ್ದರೂ, ಅದರ ಎರಡು ಅಂಗಗಳಾದ ಬೀಜದಲ್ಲಿಯೂ, ಅದರ ಹೊರಗಣ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ, ಆದರೆ,

ವಿರೋಧ ಚಿಹ್ನೆಗಳ, ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಅಡಗಿರುತ್ತವೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಂಬ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಣವೇ ವಸ್ತುಗಳ ನಿರ್ಮಾಣದಲ್ಲಿ ಪ್ರಧಾನ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಅದರ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ (charge) ಪ್ರಮಾಣವು ಅವಿಭಜನೀಯವಾದ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಮಾನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಎಂಬ ಕಣವು ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಅದರ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಪ್ರಮಾಣದಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು e ಎಂದು ಕರೆದರೆ, ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಪ್ರಮಾಣವು (-e) ಮತ್ತು ಪ್ರೋಟಾನ್ ಕಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು (+e) ಇವುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಒಂದೇ ಆದರೂ. ಪ್ರೋಟಾನ್ ಕಣದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ 1835 ಪ್ರಮಾಣದಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ.

ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಹೀಗಿರುವಾಗ, ಗಾಜಿನ ಫಲಕವನ್ನು ರೇಷ್ಮೆ ವಸ್ತ್ರದಿಂದ ಉಜ್ಜುವುದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಗಮನಿಸೋಣ. ಈ ಉಜ್ಜುವಿಕೆಯಿಂದ ಗಾಜಿನ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅದರಿಂದ ಕಳಚಿಕೊಂಡು ರೇಷ್ಮೆ ವಸ್ತ್ರವನ್ನು ತಲಪುತ್ತವೆ. ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಗಾಜಿನ ಸರಳಿನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವುದರಿಂದ, ಅಷ್ಟು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೊರತೆಯುಂಟಾಗುವುದರಿಂದ ಗಾಜಿನ ಸರಳಿನಲ್ಲಿ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಉಳಿದಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ರೇಷ್ಮೆ ವಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಸೇರುವುದರಿಂದ, ಅದರಲ್ಲಿ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪನ್ನವಾದಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ವರ್ಗಾವಣೆಯಿಂದ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಧನ-ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣಗಳ ಸಮತೋಲನವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗತ್ತದೆ. ಇದೇ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ.

ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ವಾಹಕಗಳು ಮತ್ತು ಅವಾಹಕಗಳು ಎಂದು ಎರಡು ವಿಧಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಂದ ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಲೋಹಗಳು ಮತ್ತು ಇತರ ವಾಹಕ ಘನ ವಸ್ತುಗಳ ರಚನೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಬಂಧಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲದೆ ಕೆಲವು ಮುಕ್ತ (free) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣಗಳು ಕಳಚಿದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು "ವಹನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್" (conduction electrons) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇಂಥ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಸ್ತುಗಳೇ ವಾಹಕಗಳು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೊಂದು ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿಯೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಸುಲಭವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರಬಹುದು.

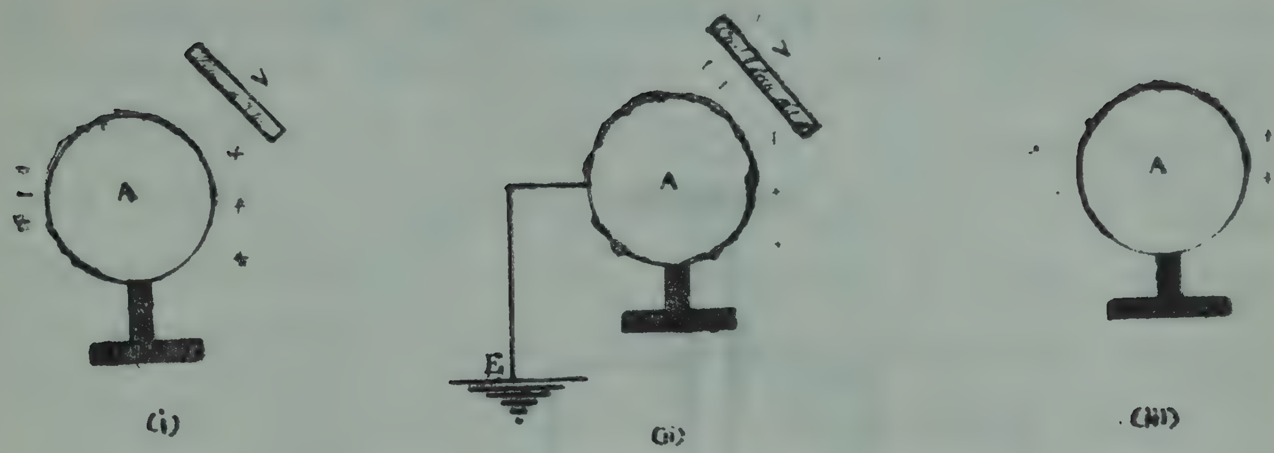
ಬೆಳ್ಳಿ, ತಾಮ್ರ ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಮುಂತಾದ ಲೋಹಗಳು ಒಳ್ಳೆಯ ವಾಹಕ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ನಮ್ಮ ದೇಹವು ಸುಮಾರಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಹನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿಲ್ಲದೆ ಎಲ್ಲ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಆಯಾ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಬಂಧನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದು, ಚಲನಸ್ವಾತಂತ್ರವಿಲ್ಲದಿರುವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಅವಾಹಕ (insulators)ಗಳೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಈ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಎಬನೈಟ್, ರಬ್ಬರ್, ಉಣ್ಣೆ, ಗಂಧಕ ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ (di-electric)ಗಳೆಂಬುದಾಗಿಯೂ, ಅವಾಹಕ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಕರೆಯಬಹುದು. ಆದರೂ ಈ ಎರಡು ಅಂಕಿತಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಅವಾಹಕಗಳು ಎಂದರೆ, ಆ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಮೇಲೆಯಾಗಲಿ, ಅವುಗಳ ಮೂಲಕವಾಗಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. 'ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ' ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವಾಗ, ಆ ವಸ್ತುವು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಸಾಗಿಸುತ್ತದೆ (transmits electric influence) ಎಂಬ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕೊಡಬಹುದು.

4.2 ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣ (charging) ವಿಧಾನಗಳು – ಹೇಮಪತ್ರ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕ (gold leaf electroscope)

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ವಸ್ತುವಿಗೆ ವರ್ಗಾಯಿಸಲು ಎರಡು ವಿಧಾನಗಳಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು 'ವಹನ' (conduction): ಇದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ವಸ್ತುವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಇನ್ನೊಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಸ್ಪರ್ಶಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. ಒಂದು ಅವಾಹಕ ಆಧಾರ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುವ ಒಂದು ಲೋಹದ ಗೋಳವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ಗಾಜಿನ ಸರಳಿನಿಂದ ಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿದರೆ, ಆ ಗೋಳವು ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತವಾಗಿ, ಆ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಗೋಳದ ಮೇಲೆಲ್ಲ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ವಿಧಾನವು ಚೋದನ ವಿಧಾನ (induction): ಇದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಇಲ್ಲದ ಲೋಹಗೋಳದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ವಸ್ತುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಬಂದರೆ, ನೇರವಾಗಿ ತಾಕದಿದ್ದರೂ, ಆ ಗೋಳದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರೇರೆಪಿತವಾಗಬಲ್ಲದು. ಈ ವಿಧಾನದ ರೀತಿಯನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ವಿಶದಪಡಿಸಬಹುದು (ಚಿತ್ರ 4.1).

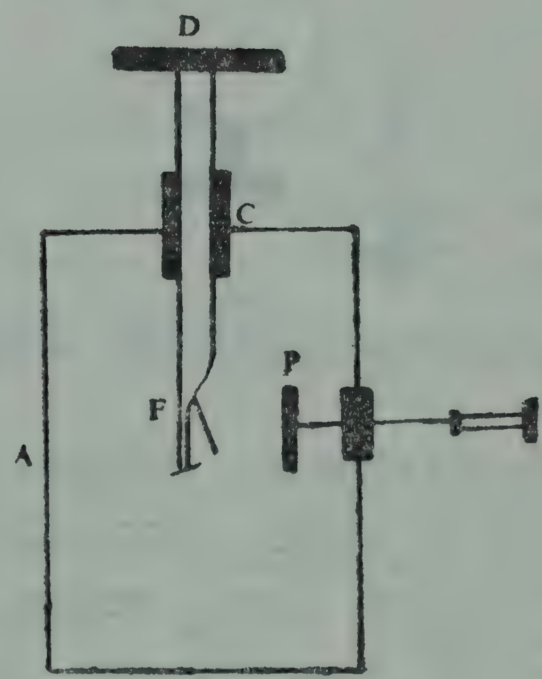


ಚಿತ್ರ 4.1 ಪ್ರೇರಣೆಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣ

A ಎಂಬ ಒಂದು ಗೋಳಾಕಾರದ ಲೋಹದ ವಸ್ತುವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಿರಲಿ. ಇದರ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ V ಎಂಬ ಒಂದು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ವಲ್ಕನೈಟ್ ಸರಳನ್ನು ತರಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ (i)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. A ಗೋಳದಲ್ಲಿ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, V ಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ + ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ - ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರೇರೇಪಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದಾದ ನಂತರ, A ಗೋಳವನ್ನು ನಮ್ಮ ಕೈಯಿಂದ ಸ್ಪರ್ಶಮಾಡಿದರೆ, ಅದನ್ನು ಭೂಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ (earthed). ಮೊದಲ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ದೂರೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟು Aಯ ಹಿಂದಿನ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಹೋಗಿರುತ್ತವೆ. ಭೂಮಿಯನ್ನು ಯಾವಾಗಲೂ ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ (zero potential). A ಗೋಳವನ್ನು ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿಸುವುದರಿಂದ ಅದರ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟವೂ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಾದ ನಂತರ, (iii) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ V ಸರಳನ್ನು ತೆಗೆದು ಬಿಟ್ಟರೆ, A ಗೋಳದಲ್ಲಿ + ವಿದ್ಯುತ್ ಉಳಿದಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ A ಗೋಳದಲ್ಲಿ ಉಳಿಯುವ ವಿದ್ಯುದಂಶವು + ಆಗಿದ್ದು, V ಸರಳಿನಲ್ಲಿದ್ದ ವಿದ್ಯುತ್ತಿಗೆ ವಿರೋಧವಾಗಿದ್ದಂತಾಯಿತು. V ಗೆ ಬದಲು ಒಂದು ಗಾಜಿನ ತುಂಡನ್ನು ರೇಷ್ಮೆ ಬಟ್ಟೆಯಿಂದ ಉಜ್ಜಿ ಅದರಲ್ಲಿ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿ, A ಗೋಳದ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ತಂದು, ಅನಂತರ Aಯನ್ನು ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿಸಿ, ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಗಾಜಿನ ಸರಳನ್ನು ತೆಗೆದು ಬಿಟ್ಟರೆ, A ಗೋಳದಲ್ಲಿ ಉಳಿಯುತ್ತಿದ್ದ ವಿದ್ಯುತ್ ಋಣವಾಗಿರುತ್ತಿದ್ದಿತು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಲು ಹೇಮಪತ್ರ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕವು ಬಹಳ ಸಹಕಾರಿಯಾದ ಉಪಕರಣ. ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಅಳೆಯಲೂ ಕೂಡ, ಇದು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಇದರ ರಚನೆಯನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಚಿತ್ರದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು (ಚಿತ್ರ 4.2).



ಚಿತ್ರ 4.2 ಹೇಮಪತ್ರ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕ

A ಎಂಬುದು ಒಂದು ಮರದ ಪೆಟ್ಟಿಗೆ ಸುಮಾರು 10 ಸೆಂ. ಮೀ. ಚದರ ಇರಬಹುದು. ಇದರ ಮುಂಭಾಗವನ್ನೂ ಹಿಂಭಾಗವನ್ನೂ ಗಾಜಿನ ಫಲಕಗಳಿಂದ ಮುಚ್ಚಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. F ಎಂಬುದು ಒಂದು ಹಿತ್ತಾಳೆಯ ತುಂಡು. ಇದರಿಂದ L ಎಂಬ ತೆಳುವಾದ ಹೇಮ ಪತ್ರವು (gold leaf) ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. F ಎಂಬ ಲೋಹದ ಸರಳನ್ನು C ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಬಿರಡೆ (ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಗಂಧಕ ವಸ್ತು)ಯ ಮೂಲಕ ಕೂರಿಸಿ ನಿಲ್ಲಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ D ಎಂಬ ಲೋಹದ ಫಲಕವಿರುತ್ತದೆ. ಬಲಭಾಗದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ P ಎಂಬುದು ಒಂದು ಲೋಹದ ಫಲಕ; ಇದು L ಗೆ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೂ ಕೂಡ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಬಿರಡೆಯ ಮೂಲಕ ಕೂರಿಸಿ ಹೊರಗಿನ ತುದಿಯನ್ನು ಭೂ ಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ವೇಳೆ A ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯನ್ನೇ ಲೋಹದಿಂದ ರಚಿಸಿ ಅದರ ಲೋಹದ ಭಾಗವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಭೂ ಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿಸಿಯೂ ಇರಬಹುದು.

ಮೊದಲು D ಫಲಕವನ್ನು ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟವು (potential) ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ.ಆಗ L ಪತ್ರವು F ಗೆ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ, ಮೇಲಿನ ಲೋಹ ಫಲಕ (D)ಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ (+) ಗಾಜಿನ ಸರಳನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಾಕಿಸಿದರೆ, ಆ ಫಲಕವು + ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಏರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಇದರ ಫಲವಾಗಿ L ಪತ್ರವು ಬೇರ್ಪಟ್ಟು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಅದರ ಅಪಸಾರ (deflection) ವು D ಫಲಕದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಹಿಂಭಾಗದ ಗಾಜಿನ ಮೇಲೆ ಮಿ. ಮೀ. ಗೆರೆಗಳನ್ನು ಕೆತ್ತಿ ಒಂದು ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು (scale) ರಚಿಸಿದ್ದರೆ L ಪತ್ರದ ಅಪಸಾರವನ್ನು ಎಷ್ಟು ಮಿ. ಮೀ. ಗಳೆಂದು ಅಳೆಯಬಹುದು. ಹೀಗಿರುವಾಗ, ನಮ್ಮ ಅಂಗೈಯನ್ನು D ಫಲಕದ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ತಂದರೆ, D ಮೇಲೆ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು (charge) ಹಾಗೆಯೇ ಇದ್ದರೂ, ಅದರ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟವು ಇಳಿಯುವುದರಿಂದ, L ಪತ್ರವು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯುತ್ತದೆ. D ಫಲಕವನ್ನು ಕೈಯಿಂದ ಮುಟ್ಟಿದರೆ, ಅದರ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿ, L ಪತ್ರದ ಅಪಸಾರವೂ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ನಮಗೆ ತಿಳಿಯಬರುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, ಪತ್ರದ ಅಪಸಾರದಿಂದ D ಫಲಕದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಅಳೆಯಬಹುದೇ ಹೊರತು ಅದರಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದುವುದರಿಂದ D ಫಲಕದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟವು ಏರುತ್ತದೆ. ಆದರಿಂದ L ಪತ್ರದ ಅಪಸಾರವು ಅವಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವಾಗಿ ಮಾಡಲು ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ವಿಧಾನವನ್ನು (induction) ಅನುಸರಿಸಿ, ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು.

ಧನವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಗಾಜಿನ ಸರಳನ್ನು ಮೊದಲು D ಫಲಕದ ಹತ್ತಿರ ತಂದು ಅನಂತರ, D ಫಲಕವನ್ನು ಭೂಸ್ಪರ್ಶಮಾಡಿಸಿ, ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಗಾಜಿನ ಸರಳನ್ನು ದೂರಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೋಗುವುದು. ಈ ಮೂರು ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಮವಾಗಿ L ಪತ್ರವು ಅಪಸಾರಗೊಂಡು, F ನೊಂದಿಗೆ ಕೂಡಿಕೊಂಡು, ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಅಪಸಾರ ಮಾಡಿ ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಅಂತಿಮವಾಗಿ, ಅದರಲ್ಲಿ ಉಳಿಯುವುದು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ. ಈ ಮೂರು ವಿಧಾನಗಳು ಚಿತ್ರ (4.1) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವುದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿವೆ.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ವಸ್ತುಗಳ ವರ್ತನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಾಪಕದಿಂದ ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಬಹುದು,

4.3 ಕೂಲಾಂಬ್ ಸೂತ್ರ - ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಏಕಮಾನ

ಕಾಂತಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಬಲಗಳು ಯಾವ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಿವೆಯೋ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ವಸ್ತುಗಳ ನಡುವಣ ಬಲಗಳೂ ಅದೇ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಬದ್ಧವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲಿ ಧ್ರುವಸತ್ವವಿದ್ದರೆ, ಇಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದಂಶಮಾನವನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಕಾಂತಧ್ರುವದ ಸುತ್ತಲೂ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು

ಏರ್ಪಟ್ಟು. ಧ್ರುವಗಳ ಮೇಲೆ ಬಲಪ್ರಯೋಗವಿರುವಂತೆಯೇ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ವಸ್ತುವಿನ ಸುತ್ತಲೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗ ಬಲವನ್ನು ಅಳೆಯುವುದರ ಮೂಲಕ ಆ ಪ್ರದೇಶದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವನ್ನು (electric intensity) ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಗುಣಗಳಿಗೂ ಬಹಳ ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

ಕೂಲಾಂಬ್ ಸೂತ್ರ

q_1 ಮತ್ತು q_2 ಎಂಬುವು ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ವಸ್ತುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿರಲಿ. ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರವು r ಆದರೆ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಏರ್ಪಡುವ ಬಲವು F ಆಗಿ,

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad 4.1$$

ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ε_0 ಎಂಬ ನಿಯಕಾಂತವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರೆ

$$F = \frac{q_1 q_2}{\varepsilon_0 r^2} \qquad 4.2$$

ಇದರಲ್ಲಿ C.G.S ಮಾನವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ. r ಸೆಂ.ಮೀ.ನಲ್ಲಿಯೂ F ಡೈನ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಬಿಡಿಹರವು (free space) ಆದರೆ. $\varepsilon_0 = 1$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು q_1 ಮತ್ತು q_2 ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು C.G.S. ಅಥವಾ ಸ್ಥಿರ ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಾನ (e.s.u) ಗಳಲ್ಲಿ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಏಕಮಾನ (e.s.u. unit) ವನ್ನು ಹೀಗೆ ವಿವರಿಸಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು 1 e.s.u. ಏಕಮಾನವಾಗಬೇಕಾದರೆ. ಅದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಸದೃಶವಿದ್ಯುದಂಶವು ಬಿಡಿಹರವು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ 1 ಸೆಂ.ಮೀ. ದೂರದಲ್ಲಿರುವಾಗ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಪರಸ್ಪರ ವಿಕರ್ಷಬಲವು (force of repulsion) 1 ಡೈನ್ ಆಗಿರಬೇಕು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳ ನಡುವೆ ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಇದ್ದರೆ, ಅದರ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಗುಣಾಂಕವು, K ಆದರೆ, (dielectric constant)

$$F = \frac{q_1 q_2}{Kr^2} \text{ ಡೈನ್‌ಗಳು}$$

ಇಲ್ಲಿ $K = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$ ಆಗಿ. ε = ನಿರಪೇಕ್ಷಕ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಗುಣಾಂಕ;

ε_0 = (ಬಿಡಿಹರವಿನ) ನಿರಪೇಕ್ಷಕ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಗುಣಾಂಕ (absolute dielectric constant)

K ಎಂಬುದನ್ನು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ (relative dielectric constant)

$$\text{ಅಂದರೆ} \quad K = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{\text{ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ನಿರಪೇಕ್ಷಕ ಗುಣಾಂಕ}}{\text{ಬಿಡಿಹರವಿನ ನಿರಪೇಕ್ಷಕ ಗುಣಾಂಕ}} \qquad 4.4$$

$\varepsilon_0 = 1$ (e.g.s. ಮಾನ) ಆದರೆ, $K = \varepsilon$. ಹೀಗಾಗಬೇಕಾದರೆ $\varepsilon_0 = 1$ ಆಗಿಯೇ ಇರಬೇಕು.

M.K.S. ಮಾನ

$$\text{ಇದರಲ್ಲಿ } \varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ ಫ್ಯಾರಡ್/ಮೀಟರ್} \qquad 4.5$$

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2} \quad \text{ಇಲ್ಲಿ } \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ ಹೆನ್ರೀ/ಮೀಟರ್ ಮತ್ತು}$$

$$c = \text{ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ} = 3 \times 10^8 \text{ ಮೀಟರ್/ಸೆಕೆಂಡ್.}$$

ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ K = 1 ಮತ್ತು ಘನ ಮತ್ತು ದ್ರವ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ K ಮೌಲ್ಯವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. M.K.S. ಮಾನದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಏಕಮಾನವು (practical unit) 1 ಕೂಲಾಂಬ್. ಈ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದು ವಾಹಕ ತಂತಿಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡ್ ಕಾಲ ಪ್ರವಹಿಸಿದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು 1 ಆಂಪಿಯರ್ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಆಗ,

$$k = 9 \times 10^9 \text{ ನ್ಯೂಟನ್/ಮೀಟರ್}^2\text{/ಕೂಲಾಂಬ್}^2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \qquad 4.6$$

ಆದ್ದರಿಂದ M.K.S. ಸಮನ್ವಯಿಸಿದ ಪದ್ಧತಿ (rationalised system) ಯಲ್ಲಿ

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi . \varepsilon_0 r^2} \text{ ನ್ಯೂಟನ್ (ಬಿಡಿಹರವಿನಲ್ಲಿ)} \qquad 4.7$$

(r ಮೀಟರ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ q_1, q_2 ಕೂಲಾಂಬ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ F ನ್ಯೂಟನ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ.) **K** = ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಗುಣಾಂಕವಾದರೆ,

$$F = \frac{q_1 q_2}{(4\pi \varepsilon_0).K.r^2} \text{ ನ್ಯೂಟನ್‌ಗಳು} \qquad 4.8$$

[1 ಕೂಲಾಂಬ್ $= 3 \times 10^9$ C.G.S. ವಿದ್ಯುದಂಶ ಏಕಮಾನಗಳು] 4.9
$= 3 \times 10^9$ (e.s.u)

4.7 ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದರೆ, 1 ಕೂಲಾಂಬ್ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಮಾನವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಇಂಥ ಒಂದು ಕೂಲಾಂಬ್ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ಒಂದು ಕೂಲಾಂಬ್ ವಿದ್ಯುದಂಶದಿಂದ 1 ಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿ, ಬಿಡಿಹರವಿನಲ್ಲಿ ಇರಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ವಿಕರ್ಷಕ ಬಲವು 9×10^9 ನ್ಯೂಟನ್‌ಗಳಾಗುತ್ತವೆ.

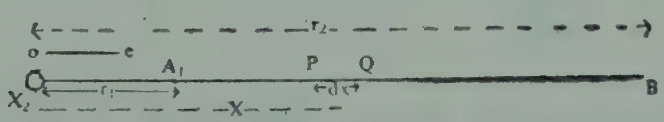
ಈಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಎಂಬ ಋಣ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಕಣವು ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಮೂಲಭೂತಕಣವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಇದು ಅವಿಭಾಜ್ಯ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನೇ "ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಏಕಮಾನ" (natural unit of change) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು e ಆದರೆ

$$e = 4.8 \times 10^{-10} \text{ e.s.u.}$$
$$= 1.6 \times 10^{-19} \text{ ಕೂಲಾಂಬ್} \qquad 4.10$$

4.4. ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ ನುಟ್ಟೆ

ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ವಿವರಿಸುವಾಗ, ಒಂದು ಕಾಂತ ಧ್ರುವದ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಧ್ರುವಸತ್ವ (+1) ವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲದ ಪ್ರಮಾಣ ಮತ್ತು ದಿಕ್ಕನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಒಂದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದೆಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲ (intensity of

the magnetic field) ವೆಂದು ಹೆಸರು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಧನಧ್ರುವವನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ ಎಂದೂ ತಿಳಿಸಿದ್ದಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದ ಒಂದೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸಬಹುದು. ಇದೇ ವಿಧಾನವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿ, ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿಗಳಿಗೆ (electric intensity and electrical potential) ಅರ್ಥ ಬರುತ್ತದೆ, ಈಗ ಇವುಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ + q e.s.u. ಪ್ರಮಾಣದ ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು ಇರುವಂತೆ ಭಾವಿಸೋಣ.



ಚಿತ್ರ 4.3 ವಿದ್ಯುತ್‌ಬಲ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿ

A,Bಗಳು O ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ r_1 ಮತ್ತು r_2 ದೂರಗಳಲ್ಲಿ ಇರಲಿ. ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಗುಣಾಂಕವು K ಆಗಿರಲಿ. A ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟವು B ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಇರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿರುವಾಗ ಒಂದು ಮುಕ್ತ ಧನವಿದ್ಯುದಂಶ (free electric charge) ವು ವಿದ್ಯುತ್‌ಬಲದ ನೇರದಲ್ಲಿ A ಇಂದ B ಗೆ ಚಲಿಸಬಲ್ಲದು. ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಋಣವಾಗಿದ್ದರೆ, ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮೇಲ್ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಚಲಿಸಬಲ್ಲುದು.

ಈಗ, P ಎಂಬ ಒಂದು ಬಿಂದುವು OAB ನೇರದಲ್ಲಿದ್ದು OP = x ಆಗಿರಲಿ. ಆದರಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರ (dx) ದಲ್ಲಿ PQ = dx

$$\text{P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ } E = \text{ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ} = \frac{q}{Kx^2} \text{ ಡೈನ್‌ಗಳು} \qquad 4.11$$

P ಇಂದ Q ವರೆಗೆ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ವಿದ್ಯುತ್ (ಧನ) ಅಂಶವನ್ನು ಪಲ್ಲಟ ಮಾಡಿಸಿದರೆ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು = $\frac{q}{Kx^2}dx$ (PQನೇರದಲ್ಲಿ)

ಇದನ್ನೇ Q ಇಂದ P ಗೆ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲಕ್ಕೆ ವಿರೋಧ ನೇರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿದರೆ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು $-\frac{q}{Kx^2}dx$

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ B ಬಿಂದುವಿನಿಂದ A ಬಿಂದುವಿಗೆ ಒಂದು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ

ವನ್ನು BA ನೇರದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲನೇರಕ್ಕೆ ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸು ವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಒಟ್ಟು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು

$$-\int_{r_2}^{r_1} \frac{q}{Kx^2}\, dx = V_A - V_B \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.}$$

ಇಲ್ಲಿ V_A, V_B ಗಳು A ಮತ್ತು B ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿ, $(V_A - V_B) =$ ಈ ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (potential difference)

$$\therefore\ (V_A - V_B) = \int_{r_2}^{r_1} -\frac{q}{Kx^2}\, dx = \frac{q}{K}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) \text{ ಎರ್ಗ್ ಏಕಮಾನ}$$

ವಿದ್ಯುದಂಶ ಅಂದರೆ $V_A - V_B = 1$ e.s.u. ಮಾನದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಆದರೆ, A,B ಗಳನಡುವೆ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, 1 ಎರ್ಗ್ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥ.

ಈ B ಬಿಂದುವು ಅನಂತದೂರ (infinity) ದಲ್ಲಿದ್ದರೆ [$r_2 = \infty$ [$V_B = O$ ಆಗುತ್ತದೆ]

$$V_A = \frac{q}{Kr_1} \qquad 4.13$$

ಆದ್ದರಿಂದ A ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು V_A ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಒಂದು ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಅನಂತ ದೂರದಿಂದ A ಬಿಂದುವಿಗೆ ತರಲು ಮಾಡಬೇಕಾದ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯು A ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚನ್ನಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವಾಗುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ, q_1, q_2, q_3, ಎಂಬ ಹಲವಾರು ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳಿದ್ದು ಅವುಗಳಿಂದ A ಬಿಂದುವಿನ ದೂರಗಳು $r_1, r_2, r_3 \ldots$ ಆದರೆ,

ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು $V_A = \frac{q}{Kr_1} + \frac{q}{Kr_2} + \ldots \Sigma \frac{q}{Kr}$ 4.14

(q_1, q_2,ಗಳು + ಅಥವಾ — ಆಗಿರಬಹುದು.)

ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಗಾಳಿಯೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, K = 1 ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು

ಆಗ $V = \frac{q}{r}$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಗಾಳಿ ಇಲ್ಲದೆ ಬೇರೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, V ಪ್ರಮಾಣವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಬೇಕು. ಈ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿ V ಎಂಬುದು ಅದಿಶ (scalar) ಆಗಿಯೂ, E ಎಂಬುದು ಸದಿಶ (vector) ಆಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ.

A ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲವು E_x ಆದರೆ, P ಬಿಂದುವಿನಿಂದ Q ಬಿಂದುವಿಗೆ dx ದೂರ ಹೋಗುವಾಗ, ಮಾಡಬೇಕಾದ ಕೆಲಸವು E· dx (E ನೇರದಲ್ಲಿ).

ಆದರೆ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು V ಆಗಿದ್ದರೆ. Q ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ (V – dV) ಆಗಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರವು

— dv = E. dx (E ನೇರದಲ್ಲಿ P ನಿಂದ Qಗೆ + ಆದರೆ, Q P–ಆಗುತ್ತದೆ.)

ಅಥವಾ $E = -\frac{dv}{dx}$ 4.16

ಅಂದರೆ, ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ನೇರದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲದ ಪ್ರಮಾಣವು E ಆದರೆ, ಅದನ್ನು ಅದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಪ್ರವಣತೆ'' ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು (negative potential gradient at that point).

ಈಗ, ಅನುಕೂಲತೆಯ ಪರಿಣಾಮದಿಂದ, ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಏಕಮಾನಗಳಿಗೂ, e. s. u. ಮಾನಗಳಿಗೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮಾನದಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು 1 ಜೂಲ್, ವಿದ್ಯುದಂಶವು 1 ಕೂಲಾಂಬ್ ಮತ್ತು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರದ ಏಕಮಾನ = 1ವೋಲ್ಟ್.

ಹೀಗಾಗಿ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು 1 ವೋಲ್ಟ್ ಆದರೆ, 1 ಕೂಲಾಂಬ್ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ, ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯು 1 ಜೂಲ್ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

$$1 \text{ ವೋಲ್ಟ್} = \frac{1 \text{ ಜೂಲ್}}{1 \text{ ಕೂಲಾಂಬ್}} = \frac{10^7 \text{ ಎರ್ಗ್}}{3 \times 10^9 \text{ e. s. u. ವಿದ್ಯುದಂಶಮಾನ}}$$

$$= \frac{1}{300} \text{ e. s. u. ಮಾನಗಳ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿ}$$

ಅಥವಾ 1 e. s. u. ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ = 300 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು 4.16

M. K. S. ಮಾನದಲ್ಲಿಯೂ, P. D. (ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ)ದ ಏಕಮಾನವು 1 ವೋಲ್ಟ್.

$$V_{M.K.S.} = \frac{q}{4\pi . \varepsilon_0 . r} \text{ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು(ಬಿಡಿಹರವಿನಲ್ಲಿ)}$$

$$= \frac{q \text{ ಕೂಲಾಂಬ್}}{r \text{ (ಮೀಟರ್)}} \times 9 \times 10^9 \text{ (ವೋಲ್ಟ್)} \qquad 4.17$$

ಈಗ Q. e. s. u. ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳನ್ನು V e. s. u. ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವುಳ್ಳ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವೆ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ,

ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯು W = Q V ಎರ್ಗ್‌ಗಳಾಗುತ್ತದೆ. (c. g. s. ಮಾನ).

M. K. S. ಮಾನದಲ್ಲಿ Q ಮತ್ತು Vಗಳನ್ನು ಕೂಲಾಂಬ್ ಮತ್ತು ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಇರಿಸಿದರೆ, W ಜೂಲ್‌ಗಳಾಗುತ್ತದೆ.

$$W\text{(ಜೂಲ್‌ಗಳು)} = Q \text{ ಕೂಲಾಂಬ್} \times V \text{ (ವೋಲ್ಟ್)} \qquad 4.18$$

ಇದನ್ನೇ ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಏಕಮಾನಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಬಹುದು.

ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮೇಲಿರುವ ವಿದ್ಯುದಂಶ $e = 4.8 \times 10^{-10}$ e. s. u.

ಈ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಕಣವನ್ನು 1 (c. g. s.) ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರದ e. s. u. ಮಾನದ ಮೂಲಕ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕೆಲಸವು

$W = 4.8 \times 10^{-10}$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳಾಗುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು 1 ವೋಲ್ಟ್ ಆದರೆ, 1 ವೋಲ್ಟ್ = $\frac{1}{300}$ e. s. u. ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಮಾನ.

1 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು 1 ವೋಲ್ಟ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರದ ಮೂಲಕ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಗೆ 1 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಎಂದು ಹೆಸರು.

$$1 \text{ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್} = (1 \text{ e. v.}) = \frac{4.8 \times 10^{-10}}{300} \text{ ಎರ್ಗ್} = 1.6 \times 10^{-12} \text{ ಎರ್ಗ್}$$

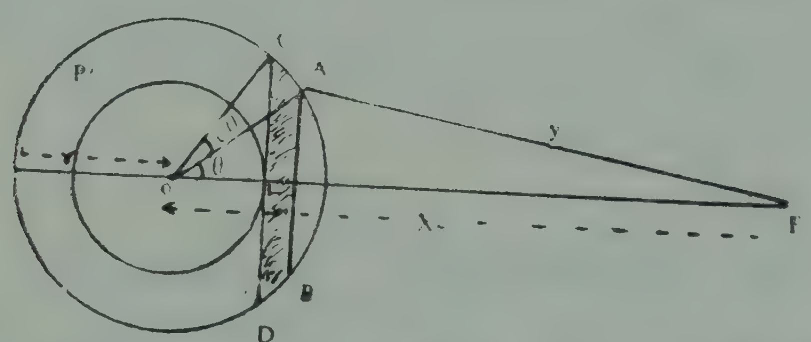
ಅಥವಾ $(1 \text{ e. v.}) = 1.6 \times 10^{-19}$ ಜೂಲ್ 4.19

$1 \text{Mev} = 10^6 \text{ e. v.} = 1.6 \times 11^{-13}$ ಜೂಲ್ 4.20

4.5 ಸಮರೂಪ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ಗೋಲಾಕಾರದ ವಾಹಕದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ

ಗೋಳದ ತ್ರಿಜ್ಯವು r ಆಗಿಯೂ ಅದರ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು q ಆಗಿಯೂ ಇರಲಿ. ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರ ಫಲವು $4\pi r^2$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈ ಸಾಂದ್ರತೆ $\sigma = \frac{q}{4\pi r^2}$; $q = 4\pi r^2 \sigma$ 4.21

ಈಗ ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, P ಎಂಬುದು ಒಂದು ಬಾಹ್ಯ ಬಿಂದುವಾಗಿರಲಿ. PO = x ಆಗಿದ್ದರೆ, (O = ಗೋಳದ ಕೇಂದ್ರ) ಆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ (V_x) ಯ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.



ಚಿತ್ರ 4.4. ವಿದ್ಯುದ್ ಪೂರಿತ ಗೋಳದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿ

ALB ಮತ್ತು CD ಸಮತಲಗಳಿಂದ ಛೇದಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಗೋಳದ ಬಳೆಯ ರೂಪದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗವನ್ನು (annular ring) ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಈ ವಿಭಾಗದ ಮೇಲಿರುವ ವಿದ್ಯುದಂಶದಿಂದ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ, ಅನಂತರ ಇಂಥ ಎಲ್ಲ ವಿಭಾಗಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಬೇಕು.

ಈ ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ಪ್ರಮಾಣವು

$$dq = \sigma . 2\pi . AL . AC$$

$$AL = r \sin\theta; \; AC = r . d\theta; \; AP = y$$

ಆದ್ದರಿಂದ, ಈ ವಿಭಾಗದಿಂದ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು

$$\frac{dq}{y} = \frac{2\pi \cdot \sigma . r^2 \sin\theta . d\theta}{y} = dV$$

ಈಗ y,θ ಗಳು ಎಲ್ಲ, ಭಾಗಗಳಿಗೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ,

$$AP^2 = y^2 = r^2 + x^2 - 2rx \text{ Cos. } \theta$$

$$2y.\ dy = 2rx \text{ Sin } \theta.\ d\theta$$

$$\therefore \text{Sin } \theta.\ d\theta = \frac{2y.\ dy}{2r.x} = \frac{y.dy}{r.x}$$

$$dV. = \frac{2\pi.\sigma \cdot r^2.y.dy}{x.r.y} = \frac{2\pi\sigma \cdot r.dy}{x}$$

ಇದನ್ನು ಎಲ್ಲ ವಿಭಾಗಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸಿ, ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವಾಗ, yಗೆ ಅವಧಿಗಳು $(x - r)$ ಮತ್ತು $(x + r)$ ಆಗುತ್ತದೆ.

$$\therefore V = \int_{x-r}^{x+r} \frac{2\pi.\sigma.r.dy}{x} = \frac{2\pi\sigma.}{x} \int_{x-r}^{x+r} dy = \frac{2\pi.\sigma r}{x}.2r$$

$$= \frac{4\pi\sigma r^2}{x} = \frac{q}{x} \qquad 4.22$$

ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, $OP = x$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಮೇಲಿನ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ (q) O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿದ್ದರೆ, ಇದರಿಂದ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯೂ q/a ಆಗುತ್ತಿತ್ತು, ಆದ್ದರಿಂದ, P ಬಿಂದುವು ಹೊರಗೆ ಇದ್ದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಮೌಲ್ಯವು ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು ಗೋಳದ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿದ್ದರೆ ಯಾವ ಮೌಲ್ಯವು ಇರುತ್ತಿದ್ದಿತೋ ಅಷ್ಟೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈಗ $x = r$ ಎಂದು ಮಾಡಿದರೆ $V_x = \frac{q}{r}$ ಆಗುತ್ತದೆ. 4.23

ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು q/r ಆಗುತ್ತದೆ. ಈಗ, P^1 ಎಂಬ ಬಿಂದುವು ಗೋಳಾಕೃತಿಯೊಳಗೆ ಇರುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸೋಣ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ P′ ಗೋಳದ ಒಳಗಿದ್ದರೆ, ಮೇಲಿನ ವಿಧಾನವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿದರೆ, ಸಂಕಲನ ಮಾಡುವಾಗ (integrate) x ಗೆ ಅವಧಿಗಳು $(r - x)$ ಮತ್ತು $(r + x)$ ಆಗುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ,

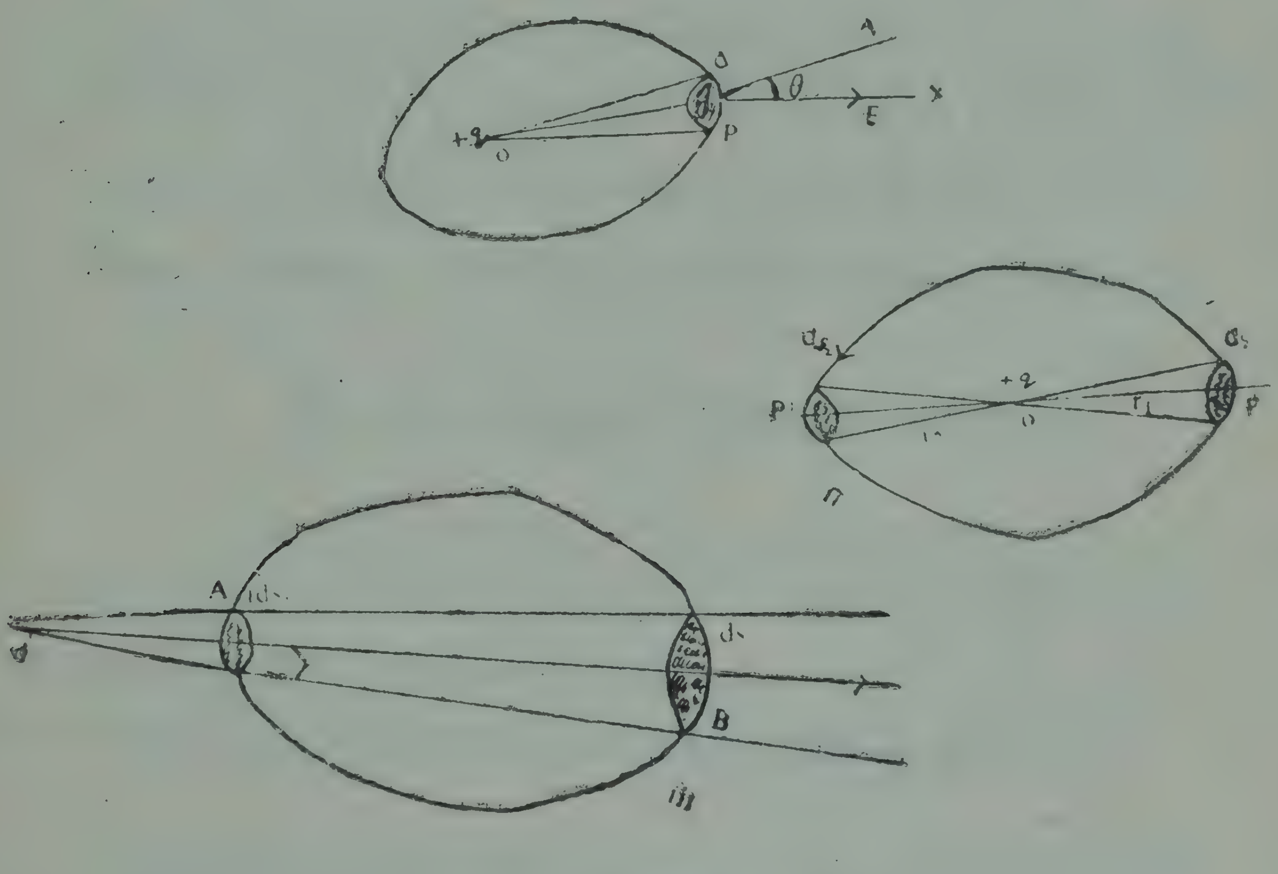
$$V = \int_{r-x}^{r+x} \frac{2\pi\sigma r}{x}\, dy = \frac{2\pi.\sigma.r.2x}{x} = 4\pi\sigma.r = \frac{4\pi r^2.\sigma}{r}$$

ಅಥವಾ $V = \frac{q}{r}$ 4.24

ಇದನ್ನು 4.23 ಸಮೀಕರಣದೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಎರಡೂ ಒಂದಾಗಿವೆ. ಆದುದರಿಂದ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈಯಮೇಲೆ ಇರುವಾಗ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು ಮೌಲ್ಯವೇ. ಗೋಳಾಕೃತಿಯೊಳಗೆ ಎಲ್ಲ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಇದು ಬಹಳ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ವಿಷಯ. ಇದನ್ನು ಮುಂದೆಯೂ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗುವುದು.

4.6. ಗೌಸ್ ಪ್ರಮೇಯ ಮತ್ತು ಅದರ ಉಪಯೋಗಗಳು

ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯು ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಗೌಸ್ ಪ್ರಮೇಯವನ್ನು ವಿವರಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಅಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ಆವರಣದೊಳಗೆ ಕಾಂತಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಇವುಗಳಿಂದ



ಚಿತ್ರ 4.5 ಗೌಸ್ ಪ್ರಮೇಯ

ಹೊರಬೀಳುವ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ, ಆ ಮುಚ್ಚಿದ ಆವರಣದ ಮೂಲಕ ನಿರ್ಗಮಿಸುವ ಒಟ್ಟುಲಂಬ ಚೋದನೆ (total normal induction

over the surfacc) ಯನ್ನು ಲೆಕ್ಕಮಾಡಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಅದೇ ರೀತಿಯ ಲಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ ಚೋದನೆ (normal electrical induction) ಯನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಮೂಲಕಾರಣವು ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳು (electrical charges).

O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ +q ಪ್ರಮಾಣದ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವಿರಲಿ. ಇದರ ಸುತ್ತಲೂ, ಯಾವುದೇ ಆಕೃತಿಯ ಆವರಣವನ್ನು ರಚಿಸಬಹುದು. ಚಿತ್ರ (4.5) ರಲ್ಲಿ O ಬಿಂದುವಿನ ಹೊರಗಡೆ ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಆವರಣವಿರಬಹುದು. ಇದು (i) ಮತ್ತು (ii) ರಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ, ಮೊದಲು ಇವುಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

dS ಎಂಬುದು ಮುಚ್ಚಿದ ಆವರಣದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗವಾಗಿರಲಿ. ಇದು P ಬಿಂದುವನ್ನು ಆವರಿಸಿರುವಂತೆ ಸಣ್ಣ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವಾಗಿರಲಿ. $OP = r$

P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು E ಆದರೆ, $E = \frac{q}{Kr^2}$ (K= ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಗುಣಾಂಕ)

dSಆದ ಕಣವು O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಆಕ್ರಮಿಸುವ ಘನ ಕೋನವು $d\omega$ ಆಗಿರಲಿ. dS ಗೆ ಲಂಬ ನೇರವು pwಆದರೆ, O P Xನೇರಕ್ಕೂ P Nಗೂ ನಡುವಣ ಕೋನ θ.

P X ನೇರದಲ್ಲಿರುವ E ಬಲದ ಅಂಗವು N P ನೇರದಲ್ಲಿ $E \cos.\theta$.

∴ dS ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೇಲೆ ಲಂಬ ಚೋದನೆಯು (normal induction)

$$dI = K\,E \cos\theta . dS = K \frac{q}{Kr^2} \cos\theta .\, dS \qquad 4.26$$

ಆದರೆ $$\frac{dS \cos\theta}{r^2} = d\omega \qquad 4.27$$

$$dI = K \frac{q}{K r^2} dS . \cos\theta = q .\, d\omega$$

ಆವರಣದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಎಲ್ಲ ಭಾಗಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಅಭಿಮುಖವಾಗುವ ಘನ ಕೋನವು O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ 4π.

$$\therefore \quad I = \int dI = \int q d\omega = q \int d\omega = 4\pi q \qquad 4.28$$

ಇದು (i) ಮತ್ತು (ii) ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಸುವಂತೆ O ಬಿಂದುವು ಮುಚ್ಚಿದ ಆವರಣವಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ.

O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು q_1, q_2, q_3 ಆಗಿದ್ದರೆ, ಮೇಲಿನ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಎಲ್ಲ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳಿಗೂ ವಿಸ್ತರಿಸಬಹುದು.

ಅಂದರೆ $I = 4\pi \Sigma q = 4\pi \times$ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಮೊತ್ತ. 4.29

ಚಿತ್ರ [4.5 (iii)] ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ O ಬಿಂದುವು ಮುಚ್ಚಿದ ಆವರಣಕ್ಕೆ ಹೊರಗೆ ಇದ್ದರೆ, ಮೇಲಿನ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದರೆ, ಆವರಣದ ಮೇಲೆ ಒಟ್ಟು ಲಂಬಚೋದನೆಯು $4\pi \times$ ಆವರಣದೊಳಗೆ ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳ ಮೊತ್ತ $= 4\pi \times O = O$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇದರ ಅರ್ಥವನ್ನು (c) ಚಿತ್ರದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. O ಬಿಂದುವಿನ ಮೂಲಕ ರೇಖೆಗಳನ್ನೆಳೆದು r_1, r_2 ದೂರಗಳಲ್ಲಿ dS_1 ಮತ್ತು dS_2 ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಛೇದಿಸುವ ವಿಭಾಗಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಘನ ಕೋನವು $d\omega$ ಆದರೆ, A ಮೂಲಕ ಆವರಣದ ಒಳಗೆ ಲಂಬ ಚೋದನೆಯು $q. d\omega$ ಆಗಿಯೂ, ಇದೇ ಕೋನಕ್ಕೆ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿರುವ B ಮೂಲಕ ಲಂಬ ಚೋದನೆಯೂ ಆಗಿದ್ದು ಮೊದಲನೆಯದು ಆವರಣದ ಒಳಗೂ, ಎರಡನೆಯದೂ ಅದರ ಹೊರಗೂ ಇರುವುದರಿಂದ, ಒಟ್ಟು ಚೋದನೆಯು $+q. d\omega - q. d\omega = O$ ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ O ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ನಾವು ಎಳೆಯಬಹುದಾದ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿಯೂ, dS_1 ಮತ್ತು dS_2 ದಂತೆ ಎರಡು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಗಳು ಛೇದಿಸಲ್ಪಡುವುದರಿಂದ, $+q$ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಮುಚ್ಚಿದ ಆವರಣದೊಳಗೆ ಇರದೆ ಹೊರಗಡೆ ಇದ್ದರೆ, ಅದರ ಮೂಲಕ ಒಟ್ಟು ಲಂಬ ಚೋದನೆಯು ಶೂನ್ಯವಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕು.

ಇದೇ ಗೌಸ್ ಪ್ರಮೇಯವನ್ನು ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಹರವಿನಲ್ಲಿ (space of three dimensions)ಒಂದು ಸಮಾನಾಂತರ ಚತುರ್ಭುಜದ ಘನಾಕೃತಿ (parallelo piped) ಯ ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುವ ಒಟ್ಟು ಲಂಬ ಚೋದನೆಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು (T. N. I) ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

OX, OY, OZಎಂಬ ಮೂರು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬ ಅಕ್ಷಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವಂತೆ A ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳು x. y. z. ಆಗಿರಲಿ. A ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವು E ಆಗಿದ್ದು, ಅದರ ಅಂಗಗಳು, ಮೂರು ಅಕ್ಷಗಳ ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ, E_x, E_y, E_z ಆಗಿರಲಿ. ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ

ಗುಣಾಂಕವು K ಆಗಿಯೂ, dx, dy, dzಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು ಸಮಾನಾಂತರದ ಚತುರ್ಭುಜದ ಘನಾಕೃತಿಯನ್ನು ರಚಿಸಿ, ಅದರ ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುವ ಲಂಬ ಚೋದನೆಯನ್ನು ಗೌಸ್. ಪ್ರಮೇಯದ ಮೂಲಕ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈ ಘನಾಕೃತಿಯೊಳಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಗಾತ್ರ ಸಾಂದ್ರತೆ (volume density of charge) ಯು P ಆಗಿರಲಿ ಹೀಗಿದ್ದರೆ,

$$\frac{dE_x}{dx}+\frac{dE_y}{dy}+\frac{dE_z}{dz}=\frac{4\pi p}{K} \qquad 4.30$$

ಎಂದು ತೋರಿಸಬಹುದು. ಇದೇ ಪಾಯಿಸನ್ ಸಮೀಕರಣ (poisson equation) A ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಶ್ನೆ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟ (potential) V ಆದರೆ, $E_x - \frac{dV}{dx}$ ಇತ್ಯಾದಿ

$$\frac{d^2V}{dx^2}+\frac{d^2V}{dy^2}+\frac{d^2V}{dz^2}=-\frac{4\pi P}{K} \qquad 4.31$$

$$\text{ಅಥವಾ} \quad \nabla^2 V=-\frac{4\pi P}{K}$$

ಘನಾಕೃತಿಯೊಳಗೆ P=O ಆದರೆ, ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳ ರೂಪಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ.

$$\frac{dE_x}{dx}+\frac{dE_y}{dy}+\frac{dE_z}{dz}=O \qquad 4.32$$

$$\text{ಮತ್ತು} \quad \frac{d^2V}{dx^2}+\frac{d^2V}{dy^2}+\frac{d^2V}{dz^2}=O \qquad 4.33$$

ಇವುಗಳು ಲಾಪ್ಲಾಸ್ ಸಮೀಕರಣಗಳು (Laplace equations).

4.7 ಸಮರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ

A ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸಮರೂಪದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಗೋಳಾಕೃತಿಯಾಗಿರಲಿ. ಅದರಮೇಲೆ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು q (e.s.u.) ಆಗಿರಲಿ. ಈ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಹೊರಗಡೆ P ಎಂಬ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿದ್ದು OP = r ಆಗಿರಲಿ [O = ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಕೇಂದ್ರ] A ಗೋಳಾಕೃತಿಗೆ ಸಮಾನ ಕೇಂದ್ರಿತ (concentric)

ಮತ್ತು r ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಗೋಳಾಕೃತಿಯನ್ನು ರಚಿಸಿದರೆ, ಇದರ ಮೇಲೆ P ಬಿಂದುವಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಈ ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈಕ್ಷೇತ್ರ ಫಲವು $4\pi r^2$. ಈ ಗೋಳದ ಮೇಲೆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು



ಚಿತ್ರ 4.6 ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ

E ಆದರೆ, ಈ ಗೋಳದ ಮೂಲಕ ಒಟ್ಟು ಲಂಬ ಚೋದನೆಯು ಗೌಸ್ ಪ್ರಮೇಯದ ಪ್ರಕಾರ, $K.E - 4\pi r^2 = 4\pi q$ (K = ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಗುಣಾಂಕ)

$$\therefore\ E = \frac{q}{Kr^2}\ \text{(e.s u.)} \qquad 4.34$$

ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, q ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ, A ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಕೇದ್ರೀಕೃತವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವೂ E ಆಗುತ್ತಿದ್ದಿತು.

ಈಗ P ಎಂಬ ಬಿಂದುವು A ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಹೊರಗಡೆ ಇರುವ ಬದಲು P′ ಎಂಬ ಬಿಂದುವನ್ನು ಗೋಳಾಕೃತಿಯೊಳಗೆ ಇರುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸೋಣ (ಚಿತ್ರ 4.6). P′ ಬಿಂದುವಿನ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಸಮಾನ ಕೇಂದ್ರಕ ಗೊಳಾಕೃತಿಯನ್ನು ರಚಿಸೋಣ. ಇದರ ತ್ರಿಜ್ಯವು r ಆದರೆ, ಅದರ ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುವ ಲಂಬ ಚೋದನೆಯು $4\pi r^2 K.E.$ ಆಗಬೇಕು. ಆದರೆ, ಗೌಸ್ ಪ್ರಮೇಯವನ್ನು ಈಗ ಅನ್ವಯಿಸುವಾಗ, ಈ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಒಳಗಡೆ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ, ಈ ವಿದ್ಯುದಂಶವು A ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಮೇಲಿದ್ದು ನಾವು ರಚಿಸಿರುವ r ತ್ರಿಜ್ಯದ ಗೋಳಾಕೃತಿಗೆ ಹೊರಗಡೆ ಇದೆ.

$$\therefore E' = O \qquad 4.35$$

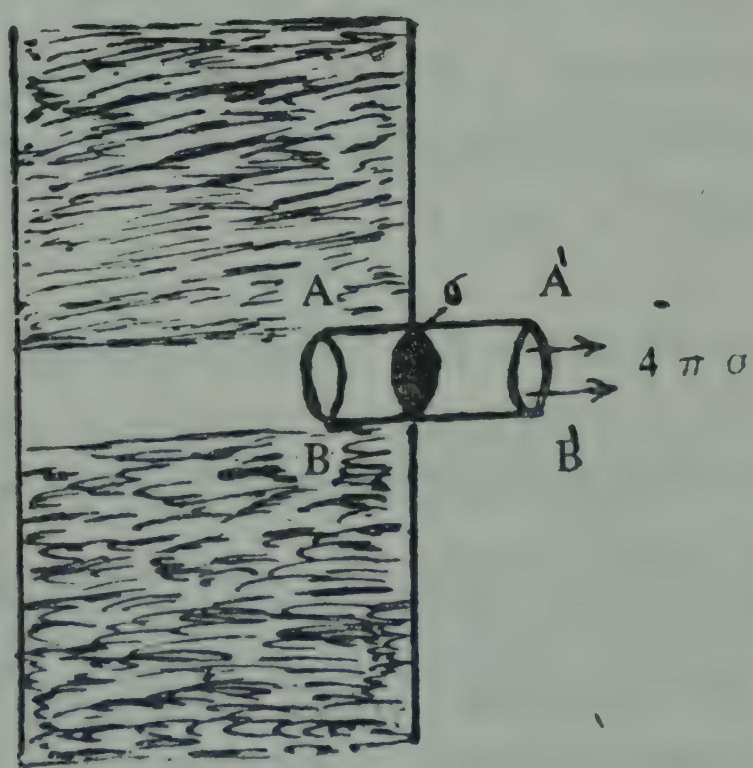
ಅಂದರೆ, A ಗೋಳಾಕೃತಿಯು ಟೊಳ್ಳು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕವೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ ಇದರೊಳಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ, ಹಿಂದೆಯೇ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ (4.24 ಸಮೀಕರಣ) ಗೋಳಾಕೃತಿಯೊಳಗೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವು ನಿಯತವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$$E = -\frac{dv}{dx} = O$$

ಆಗುವುದರಿಂದ, ಒಂದು ಟೊಳ್ಳು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದೊಳಗಿನ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯು ನಿಯತ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ಮೌಲ್ಯವು ವಾಹಕದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯು ನಿಯತಪ್ರಮಾಣವಾಗಿದ್ದು. ಅದರ ಮೌಲ್ಯವು ವಾಹಕದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ.

4.8 ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ವಾಹಕದ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಬಲ

ವಿಶಾಲವಾದ ಒಂದು ಸಮತಲದ ಫಲಕದ ಮೇಲ್ಮೈಯಮೇಲೆ ಸಮರೂಪದ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರಲಿ. ಎರಡು ಕಡೆಯಲ್ಲಿಯೂ, 1 ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಮೌಲ್ಯವು σ(e.s.u.)ಆಗಿರಲಿ. AB, B′A′ ಎಂಬುದು



ಚಿತ್ರ 4.7 ಕೂಲಾಂಬ್ ಪ್ರಮೇಯ

ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯಾಗಿದ್ದು. ಇದರ ಅಡ್ಡಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು (AB,A‘B’) 1 ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ, ಆಗಿದ್ದು, AA′, BB′ಗಳು ಫಲಕದ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರಲಿ.

AB ತಳವು C ವಾಹಕದ ಒಳಗೂ, A′B′ ಅದರ ಹೊರಗೂ ಇರುವಂತೆ ಇರಲಿ. AB ಮುಖವು ವಾಹಕದ ಒಳಗೆ ಇರುವುದರಿಂದ ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ E=O ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದರ ಮೂಲಕ ಯಾವ ಚೋದನೆಯು ರೇಖೆಗಳೂ ಇರುವಂತಿಲ್ಲ. ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿರುವ AA′, BB′ ಗಳನ್ನು ಯಾವ ಬಲರೇಖೆಗಳು ಭೇದಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಯಾಕೆಂದರೆ, ಅವುಗಳ ರೇಖೆಗಳ ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, AA′, BB′ ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯ ಮೂಲಕ ಲಂಬವಾಗಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಒಟ್ಟು ಲಂಬಚೋದನೆಯ ರೇಖೆಗಳು A′B′ ಮುಖದ ಮೂಲಕ ಮಾತ್ರ, ಲಂಬವಾಗಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಈ ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯೊಳಗೆ ಇರುವ ವಿದ್ಯುದಂಶವು σ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಾವು ರಚಿಸಿರುವ ಆ ಕೃತಿಯ ಮೂಲಕ ಹೊರಗಡೆ ಹೊರಬೀಳುವ ಒಟ್ಟು ಲಂಬಚೋದನೆಯು KE ಆಗಿ, ಇದು ಗೌಸ್ ಪ್ರಮೇಯದ ಪ್ರಕಾರ $4\pi\sigma$ಗೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು.

ಆದ್ದರಿಂದ $KE=4\pi\sigma$

$$E=\frac{4\pi\sigma}{K} \quad (K= \text{ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ನಿರೋಧ ಗುಣಾಂಕ}) \qquad 4.36$$

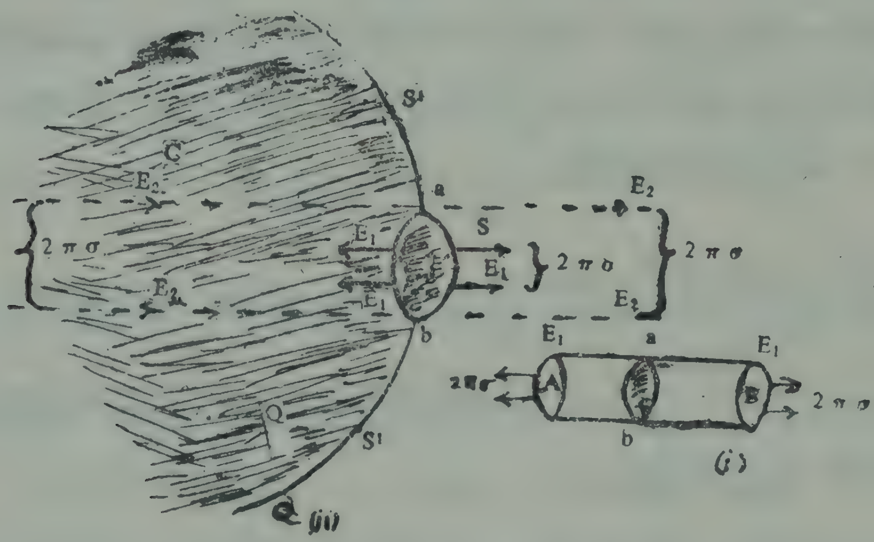
ಇದೇ ಕೂಲಾಂಬ್ ಪ್ರಮೇಯ.

ಮೇಲಿನ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ ನಾವು ವಾಹಕ ಫಲಕವನ್ನು ಸಮತಲವೆಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದರೂ, ಫಲಕದ ಆಕೃತಿಯು ಯಾವ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದರೂ, ಮೇಲಿನ ಸೂತ್ರವು ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಆ ಫಲಕದ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗವನ್ನು ಸಮತಲವೆಂದೇ ಭಾವಿಸಿ ಅದರ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲವು $E=\frac{4\pi\sigma}{K}$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ σ= ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಮೇಲ್ಮೈ ಸಾಂದ್ರತೆ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

4.9 ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ವಾಹಕದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲ

ವಾಹಕದ ಮೇಲೆ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಉಪಸ್ಥಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲಿನ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು ಅಲ್ಲಿಯೇ ಇರಲು ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ ಅದನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ವಾಹಕದ ಮೇಲೆ ಉಪಸ್ಥಿತವಾಗಿರುವ ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳೂ ಒಟ್ಟು ಗೂಡಿ ಆ ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗದ ಮೇಲೆ ಇರುವ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಮೇಲೆ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಬಲದ ನೇರವು ಹೊರಗಡೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಆ ವಿಭಾಗದ ಮೇಲೆ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್

ಅಂಶವು ಹಾಗೆಯೇ ಇರಲು ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ವಾಹಕದ ಒಳಗಡೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ, ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗದ ಮೇಲೆ ಇರುವ ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲವೂ (intensity) ವಾಹಕದ ಮೇಲೆ ಇರುವ ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾಗಿಯೂ, ವಿರೋಧವಾಗಿಯೂ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದ ವಿಶದಪಡಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 4.8 ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ವಾಹಕದಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲ

PQ ಎಂಬುದು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕವಾಗಿದ್ದು ಇದರ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ಸಾಂದ್ರತೆಯು σ ಆಗಿರಲಿ.

ಈಗ ab ಎಂಬ 1 ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗವನ್ನು ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇದರ ಮೇಲೆ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ಪ್ರಮಾಣವು σ.ab ಎಂಬ ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗವನ್ನು S ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ಭಾಗಗಳನ್ನೂ ಸೇರಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿರುವ ಭಾಗವು S'ಆಗಿರಲಿ. ನಾವು S ಮತ್ತು S' ಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಿನಂತರ ಇವೆರಡೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ PQ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯೋಣ.

ab ವಿಭಾಗವು σ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಹೊಂದಿದ್ದು ಅದನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಗಣಿಸಿದರೆ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಚಿತ್ರ (d) ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಇವರಲ್ಲಿ ab ವಿಭಾಗವು σ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, ಇದು ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿದ್ದು ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ. A,B ಮುಖಗಳನ್ನು (1ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ) ಗಳನ್ನು ಒಳ

ಗೊಂಡಂತೆ ಒಂದು ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯನ್ನು ರಚಿಸೋಣ. ಈ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿ A,B ಮುಖಗಳು σ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇದ್ದು ಅವುಗಳು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಮುಚ್ಚಿದ ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯಿಂದ ಲಂಬವಾಗಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಚೋದನೆ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವಾಗ ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ರೇಖೆಗಳೂ ಇಲ್ಲದೆ A ಮೂಲಕ ಬಲದಿಂದ ಎಡಕ್ಕೂ B ಮೂಲಕ ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೂ ಮಾತ್ರ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು σ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, E_1 ಎಂಬುದು, ಇದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವಾದರೆ,

ಗೌಸ್ ಪ್ರಮೇಯದ ಪ್ರಕಾರ $KE_1 + KE_1 = 4\pi\sigma$.

ಅಥವಾ $2 E_1 K = 4\pi\sigma$

$$E_1 = \frac{2\pi\sigma}{K} \qquad 4.37$$

ಇದಕ್ಕೂ 4.36 ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೂ ಇರುವ ಮುಖ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೆಂದರೆ, ಇಲ್ಲಿ σ ಎಂಬುದು ಬಿಡಿಯಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವಾಗಿದೆ. ಹಿಂದಿನ ಪ್ರಕರಣದಲ್ಲಿ (4.36 ಸಮೀಕರಣ) σ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು ಒಂದು ಇಡೀ ವಾಹಕದ ಭಾಗವಾಗಿದ್ದು ಅದಕ್ಕೆ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿದ್ದಿತು. ಇವೆರಡನ್ನೂ ಸಮನ್ವಯಗೊಳಿಸಬೇಕಾದರೆ. ಚಿತ್ರ [4.8 (ii)]ವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು. 4.8 (i) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ab ವಿಭಾಗವನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ಅದರಿಂದ ಮಾತ್ರ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವನ್ನು (E_1) ಕಂಡುಹಿಡಿದ್ದಾಯಿತು. ಈಗ, ab ವಿಭಾಗವನ್ನು ಮತ್ತೆ PQ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕದೊಂದಿಗೆ ಕೂಡಿಸಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

S ಎಂಬ ab ವಿಭಾಗವೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿರುವ S' ವಿಭಾಗವೂ ಸೇರಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು E ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ab ವಿಭಾಗದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ಅಂಗವು E_1 ಆಗಿಯೂ ಉಳಿದ ಭಾಗದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ಅಂಗವು E_2 ಆಗಿಯೂ ಇರಲಿ.

ಚಿತ್ರ (i) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ S ವಿಭಾಗದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ $2\pi\sigma$ ರೇಖೆಗಳು ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಉದ್ಭವಿಸಬೇಕು. ಇದು ವಾಹಕದ ಒಳಭಾಗಕ್ಕೂ ಅಂದರೆ, ಬಲದಿಂದ ಎಡಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕು. ವಾಹಕದ ಒಳ ಪ್ರದೇಶ (c) ದಲ್ಲಿ ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವೂ ಇರುವಂತಿಲ್ಲ ಎಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, (c) ವಾಹಕದ ಒಳಗಡೆ ಯಾವ

ಚೋದನೆ ರೇಖೆಗಳೂ ಇರುವಂತಿಲ್ಲ. ವಾಹಕದ ಹೊರಗಡೆ ಮಾತ್ರ $4\pi\sigma$ ಇರಬೇಕು. ಈ ಎರಡು ನಿಬಂಧನೆಗಳನ್ನೂ ಸರಿಹೊಂದಿಸಬೇಕಾದರೆ, ನಾವು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಉಳಿದ ಭಾಗವಾದ S′ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಅಂಗವಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಿದರೆ, ಇದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವು E_2 ಆಗಿದ್ದರೆ ಇವರಿಂದ ಉಂಟಾಗುದ ಪರಿಣಾಮವು ಹೀಗೆ ಇರಲು ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯ. ಅಂದರೆ ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ವಾಹಕದ ಒಳಗಡೆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ (c) $2\pi\sigma$ ರೇಖೆಗಳು ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೂ, ಅದರ ಹೊರಗಡೆಯೂ ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೂ ಇರಬೇಕು, ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 4.8 (ii) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಅದರೆ, ನಾವು S ವಿಭಾಗದ ಒಂದು ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಮಾತ್ರ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಹೀಗಿರಬೇಕು. c ಪ್ರದೇಶದೊಳಗಡೆ E_1 ಕಾರಣದಿಂದ $2\pi\sigma$ ರೇಖೆಗಳು ಬಲದಿಂದ ಎಡಕ್ಕೂ

E_2 ಕಾರಣದಿಂದ $2\pi\sigma$ ರೇಖೆಗಳು ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೂ

ಇದ್ದು ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ $(2\pi\sigma - 2\pi\sigma) = O$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ ಇಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು $E = E_1 - E_2 = O$ ಆಗಬೇಕು.

S ವಿಭಾಗದ ಬಲಗಡೆ ಹೊರಗಡೆ,

E_1 ಕಾರಣದಿಂದ ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೆ $2\pi\sigma$

ಮತ್ತು E_2 ಕಾರಣದಿಂದಲೂ ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೆ $2\pi\sigma$ ರೇಖೆಗಳೂ ಇದ್ದು

$$\text{ಒಟ್ಟು } E = E_1 + E_2 = \frac{4\pi\sigma}{K}$$

$$E_1 = \frac{2\pi\sigma}{K}$$

$$\therefore E_1 = E_2 = \frac{2\pi\sigma}{K} \qquad 4.38$$

ಹೀಗೆ, ಎರಡು ಅಂಗಗಳ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವುದರಿಂದ, ನಮಗೆ ಸಮಂಜಸವಾದ ಸಮನ್ವಯವು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ S′ ವಿಭಾಗದಿಂದ ಅಂದರೆ, S ವಿಭಾಗವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಉಳಿದ ಎಲ್ಲಾ ಭಾಗಗಳಿಂದಲೂ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವು E_2 ಆಗಿದ್ದು

$$E_2 = \frac{2\pi\sigma}{K}$$ (S ವಿಭಾಗಕ್ಕೆ ಲಂಬದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಹೊರಗಡೆ

ಈ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು S ವಿಭಾಗಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದರಲ್ಲಿ ರುವ σ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಒಟ್ಟು ಬಲವು $E_2\sigma$

ಇದು $F = \frac{2\pi\sigma^2}{K}$ (ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ ಹೊರಗಡೆ) 4.39

ಇದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಎಲ್ಲ ಮೇಲ್ಮೈ ಭಾಗಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕು. ಒಂದು ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಪ್ರದೇಶದ ಮೇಲೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ ಹೊರ ಗಡೆ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಬಲವು (mechanical force)

$$F = \frac{2\pi\sigma^2}{K}$$

ಮೇಲ್ಮೈಯ ಹೊರಗಡೆ $E = \frac{4\pi\sigma}{K}$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ

$$\sigma = \frac{KE}{4\pi} \qquad 4.40$$

F ಬಲಪ್ರಯೋಗದಿಂದ 1 ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ; ವಿಭಾಗವು ಹೊರಗೆ ಚಲಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿದ್ದು ಅದು ಒಂದು ಸೆಂ.ಮೀ. ದೂರ ಚಲಿಸಿದರೆ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯು

$$W = F \times 1 = \frac{2\pi\sigma^2}{K} = \frac{2\pi}{K} \quad \frac{K^2E^2}{16\pi^2}$$

$$= \frac{KE^2}{8\pi}$$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳು 4.41

ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ – ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಹೊರಗಡೆ ಇರುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ನಿರೋಧ ಗುಣಾಂಕವು K ಆಗಿಯೂ, E ಎಂಬುದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವೂ ಆಗಿದ್ದರೆ. ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ 1 ಘ.ಸೆಂ.ಮೀ. ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ (1.c.c.) ಇರುವ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣವು $\frac{KE^2}{8\pi}$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳು

4.10 ವಿದ್ಯುತ್ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್

ಅಂಶವನ್ನು ಹೇರಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಟ್ಟವು (V) ಏರುತ್ತದೆ. ಭೂಮಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವನ್ನು O ಎಂದು ಗಣಿಸಿ, ವಾಹಕದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವು V ಆದರೆ, ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು ನಾವು ಒದಗಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ (Q) ದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಅದರ ಆಕಾರ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಅಪರಣ ವನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳೆಲ್ಲ ನಿಯತವಾಗಿದ್ದರೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟದ ಏರುಪಿಕೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$$\text{ಅಂದರೆ} \quad \frac{Q}{V} = \text{ನಿಯತಾಂಕ} = \text{ಗ್ರಹಣಸಾಮರ್ಥ್ಯ (capacity)} = C \qquad 4.42$$

V=1 ಆದರೆ, Q=C ಆಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಮೂಲಕ ಏರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನೇ ಅದರ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. c.g.s. ಮಾನದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಏಕಮಾನವು 1 e.s.u ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ,

$$1 \text{ e.s.u. ಗ್ರಹಣಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಏಕಮಾನ} = \frac{1 \text{ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಏಕಮಾನ (e.s.u.)}}{1 \text{ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟದ ಏಕಮಾನ (e.s.u.)}}$$

$$= 1 \text{ ಸೆಂ.ಮೀ (ಸ್ಟ್ಯಾಟ್ ಫ್ಯಾರಡ್)} \qquad 4.43$$

ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ

ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಏಕಮಾನ= 1 ಫ್ಯಾರಡ್

ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟದ ಏಕಮಾನ= 1 ವೋಲ್ಟ್

ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಏಕಮಾನ= 1 ಕೂಲಾಂಬ್

$$\therefore 1 \text{ ಫ್ಯಾರಡ್} = \frac{1 \text{ ಕೂಲಾಂಬ್}}{1 \text{ ವೋಲ್ಟ್}} \qquad 4.44$$

ಆದರೆ 1 ಕೂಲಾಂಬ್ $= 3 \times 10^9$. e.s.u. ವಿದ್ಯುದಂಶಮಾನ

$$1 \text{ ವೋಲ್ಟ್} = \frac{1}{300} \text{ e.s.u. ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಟ್ಟಮಾನ}$$

$$\therefore 1 \text{ ಫ್ಯಾರಡ್} = \frac{3 \times 10^9}{\frac{1}{300}} = 9 \times 10^{11} \text{ e.s.u. ಗ್ರಹಣಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಮಾನ}$$

$$= 9 \times 10^{11} \text{ ಸೆಂ.ಮೀ. ಗಳು} \qquad 4.45$$

1 ಮೈಕ್ರೋ ಫ್ಯಾರಡ್ $=10^{-6}$ ಫ್ಯಾರಡ್ $=9\times10^{5}$ e.s.u. ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಮಾನಗಳು

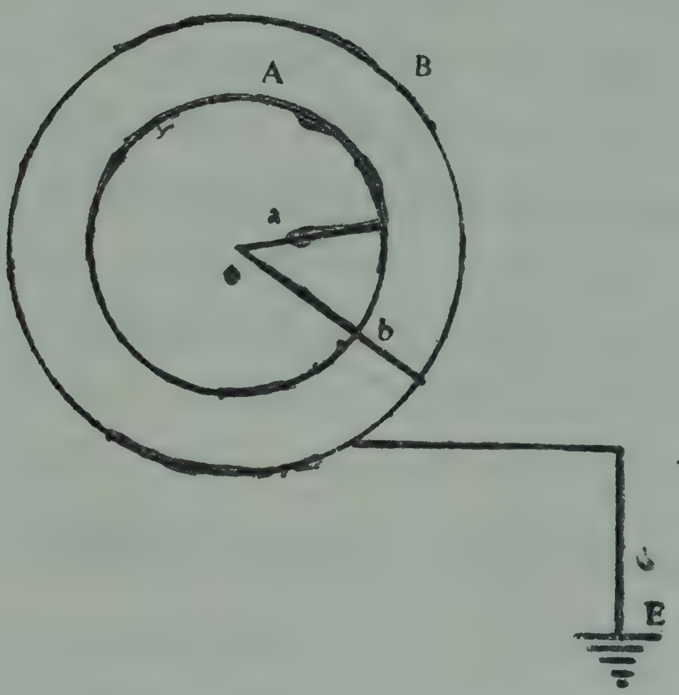
4.11 ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ

ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ತ್ರಿಜ್ಯವು R ಸೆಂ.ಮೀ. ಆದರೆ, ಆದರ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವು

$$\frac{Q}{R}=V \quad Q=CV; \quad C=\frac{Q}{V}=\frac{Q}{\frac{Q}{R}}=R \qquad 4.46$$

ಅಂದರೆ: c.g.s ಮಾನದಲ್ಲಿ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಅದರ ತ್ರಿಜ್ಯದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಅದರ ತ್ರಿಜ್ಯವು $9\times10''$ ಸೆ.ಮಿ ಆದರೆ, ಆದರ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ $=1$ ಪ್ಯಾರಡ್.

4.12 ಎರಡು ಸಕೇಂದ್ರೀಕ ಗೋಳಾಕೃತಿಗಳು



ಚಿತ್ರ 4.9 ಸಕೇಂದ್ರೀಕ ಗೋಳಾಕೃತಿಗಳು – ಸಂಗ್ರಹ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ

a ಮತ್ತು b ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ A,B ಗಳು ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ಗೋಳಾಕೃತಿಗಳಾಗಿರಲಿ. $b>a$ ಆಗಿದ್ದು B ಗೋಳಾಕೃತಿಯು ಭೂಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಅದರ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವು $V_B=O$ ಆಗಿರಲಿ. $+Q$ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು A ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯಿಂದ B ಯ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಆಂಶವು $-Q$ ಆಗುತ್ತದೆ.

$\therefore V_A=$ A ಯ ಫಲಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟ

$$=\frac{Q}{a}-\frac{Q}{b} \quad (V_B=O \text{ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ})$$

∴ A ಮತ್ತು B ಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (P.D)ವು $\frac{Q}{a} - \frac{Q}{b}$

∴ A ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು

$$= \frac{\text{A ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ}}{\text{A, B ಗಳ ನಡುವಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಟ್ಟದ ಅಂತರ}}$$

$$C = \frac{Q}{\left(\frac{Q}{a} - \frac{Q}{b}\right)} = \frac{ab}{b-a} \text{ (e.s.u)} \qquad 4.47$$

A,B ಗಳ ನಡುವಣ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ನಿರೋಧ ಗುಣಾಂಕವು K ಆದರೆ

$$C' = \text{ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ} = KC = \frac{K \cdot ab}{(b-a)} \qquad 4.48$$

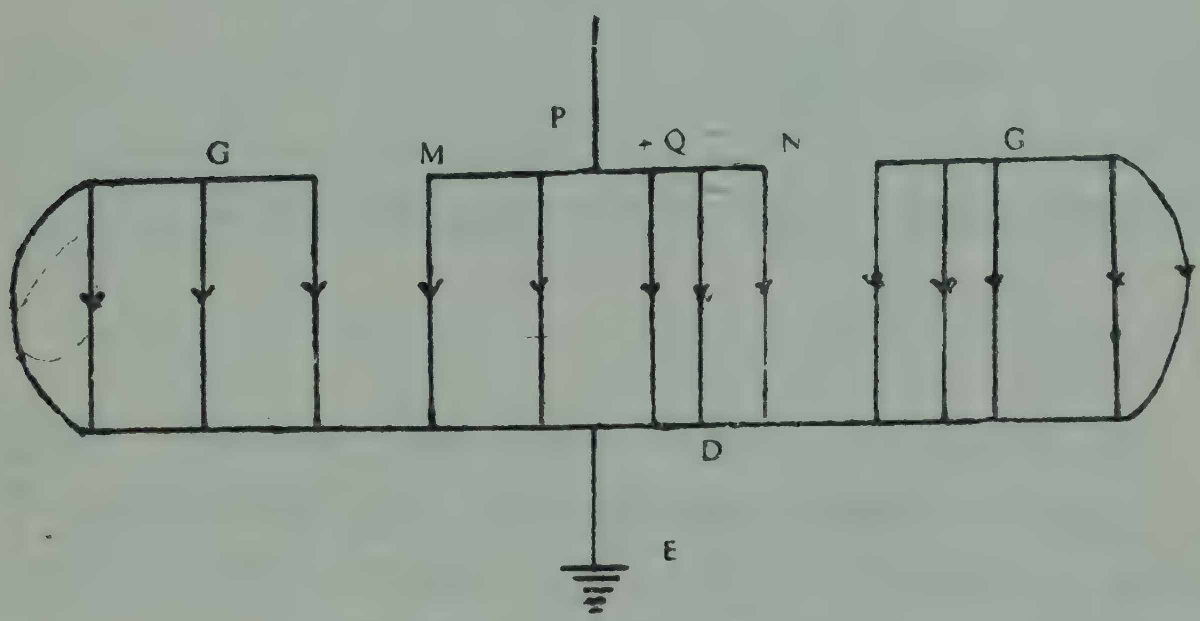
A ಗೋಳಾಕೃತಿಯು ಮಾತ್ರ ಇದ್ದರೆ ಅದರ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು a ಆಗುತ್ತಿದ್ದಿತು. ಅದನ್ನು ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಮತ್ತೊಂದು ಗೋಳಾಕೃತಿ B ಯು ಆವರಿಸಿದ್ದರೆ, A ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ A, B ಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವಂತೆ ಎರಡು ಗೋಳಾಕೃತಿ ಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ, ಹೊರಗಿನ ಗೋಳಾಕೃತಿಯನ್ನು ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿದರೆ, ಇದನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶ ಎಂದು (condenser) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

4.13 ಸಮಾನಾಂತರ ಫಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ

(a) M N ಎಂಬುದು ಒಂದು ವಾಹಕ ವಸ್ತುವಿನ ಫಲಕವಾಗಿರಲಿ. ಇದರ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು A ಆಗಿರಲಿ. ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ, t (ಸೆಂ. ಮೀ) ದೂರದಲ್ಲಿ D ಎಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ಫಲಕವಿರಲಿ. D ಫಲಕವನ್ನು ಭೂಮಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸು ವುದರಿಂದ ಅದರ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವು O ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ M N ಫಲಕದ ಮೇಲೆ + Q ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಅದರ ಮೇಲಿನ ಮೇಲ್ಮೈ ಸಾಂದ್ರತೆ $\sigma = \frac{Q}{A}$

M N (ಅಥವಾ P) ಫಲಕವೂ, D ಫಲಕವೂ ಒಂದೇ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವನ್ನು

ಹೊಂದಿ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಇರಬಹುದು. ಆದರೆ, ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲ ರೇಖೆಗಳು ಫಲಕಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದರೂ, ಫಲಕದ ಅಂಚುಗಳಲ್ಲಿ ರೇಖೆಗಳು ಸ್ವಲ್ಪ ಬಾಗಿ. ಎಲ್ಲ ರೇಖೆಗಳೂ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿಯೂ, ಫಲಕಗಳಿಗೆ ಲಂಬ ವಾಗಿಯೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ, M N ಫಲಕದ ಎರಡು ತುದಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಅಂತರವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು G ಎಂಬ ರಕ್ಷಕ ಬಳೆಯನ್ನು (guard-ring) ಆವರಿಸು



ಚಿತ್ರ 4 10 ಸಮಾನಾಂತರ ಫಲಕ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶ

ವಂತೆ ಮಾಡಿ, G ಮತ್ತು P ಗಳು ಒಂದೇ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, P ಮತ್ತು D ಫಲಕಗಳ ನಡುವಣ ರೇಖೆ ಗಳೆಲ್ಲ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಇದ್ದು, ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವು (E) ಸಮರೂಪ ವಾಗಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ಹೀಗಾದರೆ, P ಫಲಕದ ಒಂದು ಚ. ಸೆಂ. ಮೀ. ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಲಂಬನೇರದಲ್ಲಿ ಹೊರಡುವ ರೇಖೆಗಳು $4\pi\sigma = 4\pi Q/A$

P ಮತ್ತು D ಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು E ಆದರೆ, K = ಮಧ್ಯ ವರ್ತಿಯ ವಿರೋಧಕ ಗುಣಾಂಶವಾಗಿದ್ದರೆ,

$$KE = 4\pi\sigma \quad E = \frac{4\pi\sigma}{K} = \frac{4\pi Q}{AK}$$

P ಮತ್ತು Dಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು V ಆದರೆ.

$$V = E.t \quad E = \frac{V}{t}$$

$$V = E.t = \frac{4\pi Q}{A.K}.t$$

C = ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಾದರೆ,

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q.A.K}{4\pi Q.t} = \frac{K.A}{4\pi t}$$

$$\therefore C = \frac{KA}{4\pi t} \qquad 4.49$$

ಎರಡು ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಗಾಳಿಯೇ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಾದರೆ,

$$C = \frac{A}{4\pi t} \qquad 4.50$$

(b) ಈಗ ಎರಡು ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ (K = ನಿರೋಧಕ ಗುಣಾಂಕ)ಯು d ಸೆಂ. ಮೀ. ದಪ್ಪದ ಫಲಕವಾಗಿದ್ದು, ಉಳಿದ ಅಂತರವು (t – d) ಗಾಳಿಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಎಷ್ಟು ಆಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಈಗ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

4.49 ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ t ಸೆಂ. ಮೀ. ದಪ್ಪದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಇದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು.

4.50 ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ t ಸೆಂ. ಮೀ. ದಪ್ಪದ ಗಾಳಿಯು ಇದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

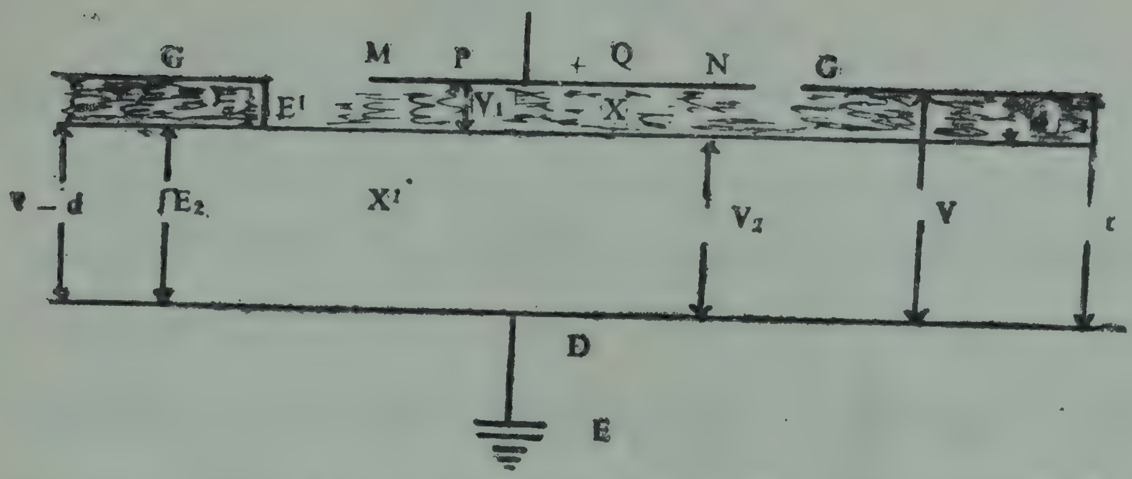
ಈಗ ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸುವ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ d ಸೆಂ. ಮೀ. ದಪ್ಪದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ [K = ನಿರೋಧ ಗುಣಾಂಕ] ಮತ್ತು (t – d) ಸೆಂ. ಮೀ. ದಪ್ಪದ ಗಾಳಿ [K = 1] ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಇದನ್ನೇ ಚಿತ್ರ 4.11 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

P ಫಲಕದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು A ಆಗಿರಲಿ P ಮತ್ತು D ಗಳ ನಡುವೆ X ಮತ್ತು X′ ಎಂಬ ಎರಡು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳು ಇರಲಿ.

X ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ದಪ್ಪ = d. ನಿರೋಧಕ ಗುಣಾಂಕ K

X′ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ದಪ್ಪ = (t – d) ನಿರೋಧಕ ಗುಣಾಂಕ 1 (ಗಾಳಿ)

ಈಗ ನಮ್ಮ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್



ಚಿತ್ರ 4.11 ಸಂಯುಕ್ತ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹಕೋಶ

ಬಲ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು.

P ಫಲಕದ ಒಂದು ಚ. ಸೆಂ.ಮೀ ನಿಂದ ಲಂಬವಾಗಿ ನಿರ್ಗಮಿಸುವ ರೇಖೆಗಳು =

$$4\pi\sigma = \frac{4\pi Q}{A}$$

X ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ $E_1 = \frac{4\pi Q}{K.A}$

X' ಮಧ್ಯವರ್ತಿ (ಗಾಳಿ)ಯಲ್ಲಿ $E_2 = \frac{4\pi Q}{A}$

X ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $V_1 = E_1 . d = \frac{4\pi Qd}{KA}$

X' (ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ) ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $V_2 = E_2 (t-d) = \frac{4\pi Q (t-d)}{A}$

∴ P ಮತ್ತು Dಗಳ ಮೂಲಕ ಒಟ್ಟು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ

$$V = (V_1 + V_2) = \frac{4\pi Qd}{KA} + \frac{4\pi Q(t-d)}{A}$$

$$= \frac{4\pi Q}{A} \left[\frac{d}{K} + \frac{(t-d)}{1} \right]$$

ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು C ಆದರೆ

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{A}{4\pi} \left\{ \frac{1}{\frac{d}{K} + (t-d)} \right\}$$

$$= \frac{KA}{4\pi} \left\{ \frac{1}{Kt - d(K-1)} \right\} \text{ e. s. u.} \qquad 4.51$$

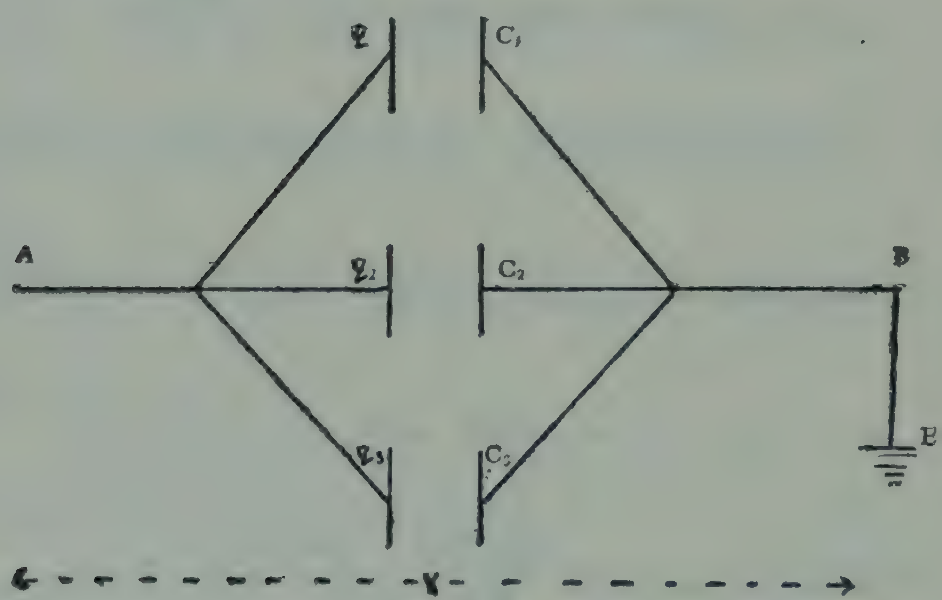
d=o, ಆದರೆ, $C = \frac{A}{4\pi t}$. ಇದೇ 4 50 ಸಮೀಕರಣ

d=o ಆದರೆ, $C = \frac{KA}{4\pi t}$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ 4.49 ಸಮೀಕರಣ

4.14 ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶಗಳ ಜೋಡಣೆ – ಸಮಾನಾಂತರ ಮತ್ತು ಶ್ರೇಣಿಯ ಮಾದರಿಗಳು

(a) ಸಮಾನಾಂತರ ಮಾದರಿಯ ಜೋಡಣೆ

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳು ಯಾವು ವೆಂದರೆ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಫಲಕ ಮತ್ತು ಮತ್ತೊಂದು ಭೂಸ್ಪರ್ಶ



ಚಿತ್ರ 4.12 ಸಮಾನಾಂತರ ರೀತಿಯ ಜೋಡಣೆ (ಸಂಗ್ರಹಕೋಶಗಳು)

ಮಾಡಿಸಿರುವ ಫಲಕ. ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ವಸ್ತು (dielectric) - ಈ ರಚನೆಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಂತೆ ಹಲವಾರು ಮಾದರಿಗಳು ಇದ್ದು ಅವುಗಳನ್ನು ಸಂದರ್ಭಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಮೊದಲು ಸಮಾನಾಂತರ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶಗಳ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಗಳು C_1, C_2, C_3...... ಆಗಿರಲಿ. ಇವುಗಳ ಜೋಡಣೆ ಕ್ರಮವನ್ನು ಚಿತ್ರ (4.12)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ಫಲಕಗಳ ಮೇಲೆ ಇರುವ

ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳು q_1, q_2, q_3 ಗಳಾಗಿದ್ದು, ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದೆ (A) ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಫಲಕ (B)ಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದೆ (E).

ಈ ಮೂರು ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ ಅವುಗಳ ಸಂಯುಕ್ತ ಸಂಗ್ರಹ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು C ಆಗಿರಲಿ - ಅದರ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುದಂಶವು q ಆಗಿರಲಿ. ಎಲ್ಲ ಸಂಗಹ ಕೋಶಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟ (V) ಇರಬೇಕು.

$$q_1 = C_1V;\ q_2 = C_2V,\ q_3 = C_3V$$

$$q = q_1 + q_2 + q_3 = CV = C_1V + C_2V + C_3V$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \qquad 4.52$$

(b) ಶ್ರೇಣಿಯ ಜೋಡಣೆ



ಚಿತ್ರ 4.13 ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶಗಳ ಶ್ರೇಣಿ ರೀತಿಯ ಜೋಡಣೆ

ಮೂರು ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶಗಳೂ (C_1, C_2, C_3) ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಮೊದಲನೆಯದರ ಎರಡನೆ (ಭೂಸ್ಪರ್ಶಕ್ಕೆ ಬರಲು) ಯ ಫಲಕದೊಂದಿಗೂ, ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಉಳಿದ ಕೋಶಗಳೂ ಜೋಡಣೆಯಾಗಿದೆ. ಮೊದಲನೆಯದರ A_1 ಮೇಲೆ $+q$ ಇದ್ದು, ಕೊನೆಯದರ B_3 ಫಲಕವನ್ನು ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡುವಂತೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದೆ.

A_1 ಮೇಲೆಯ $+q$ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ, B_1 ಮೇಲೆ ಪ್ರೇರಣೆಯಿಂದ $-q$ ವಿದ್ಯುದಂಶವೂ, A_2 ಮೇಲೆ $+q$ ವಿದ್ಯುದಂಶವೂ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ, ಎಲ್ಲ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶಗಳ ಫಲಕಗಳ ಮೇಲೆಯೂ ವಿದ್ಯುದಂಶವು q ಆಗಿದ್ದು, ಅವುಗಳ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಗಳು ಮಾತ್ರ ಬೇರೆಯಾಗಿ, V_1, V_2, V_3 ಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಸಂಯುಕ್ತ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು C ಆಗಿಯೂ A, E ಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು V ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ,

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

ಆದರೆ, $V = \frac{q}{C}$;

ಮತ್ತು $V_1 = \frac{q}{C_1}$; $V_2 = \frac{q}{C_2}$; $V_3 = \frac{q}{C_3}$

$$\therefore \quad \frac{q}{C} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \qquad 4.53$$

ಎರಡೇ ಕೋಶಗಳು ಇದ್ದರೆ, $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \qquad 4.54$$

4.15. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಶಕ್ತಿ

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಸೇರಿಸಿದಾಗ, ಅದರ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವು ಏರುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಇವರ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಆ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಈಗ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಅದರ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸುವಾಗ ಮಾಡಬೇಕಾದ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು C ಆಗಿದ್ದು, Q ಮತ್ತು Vಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ಮತ್ತು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟದ ಮೌಲ್ಯಗಳಾಗಿರಲಿ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ ಒಂದು ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು q ಆಗಿಯೂ, ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವು v ಆಗಿಯೂ ಇರಲಿ. ಇವುಗಳು e.s.u. ಮಾನದಲ್ಲಿ ಇರಲಿ ಈಗ, ಅನಂತ ದೂರದಿಂದ dq ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣವನು ತಂದು ವಾಹಕದ ಮೇಲೆ ಇರಿಸಿದರೆ, ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯು

$$dW = v.dq \text{ (ಎರ್ಗ್)}$$

$$V = \frac{q}{C} \quad \text{ಆದ್ದರಿಂದ}$$

$$dW = \frac{q.dq}{C}$$

ಆದ್ದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು q = O ಇಂದ q = Qಗೆ ಏರಿಸಿ, ಕೊನೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವು V ಆಗಿದ್ದರೆ, ಒಟ್ಟು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು W ಇರಲಿ,

$$W = \int_{q=o}^{q=Q} dW = \frac{1}{C}\int_{o}^{Q} q.dq = \frac{Q^2}{2C} = \frac{C^2V^2}{2C} = \frac{1}{2}CV^2$$

ಆದ್ದರಿಂದ $W = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ (ಎರ್ಗ್‌ಗಳು) 4.55

e s.u ಮಾನಕ್ಕೆ ಬದಲು, C ಫ್ಯಾರಡ್‌ನಲ್ಲಿಯೂ, V ವೋಲ್ಟ್‌ನಲ್ಲಿಯೂ, Q = ಕೂಲಾಂಬ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇದ್ದರೆ W ಜೂಲ್‌ಗಳಲ್ಲಿರಬೇಕು.

1 ಕೂಲಾಂಬ್ $\times$ 1 ವೋಲ್ಟ್ $= \left(3 \times 10^9 \times \frac{1}{300}\right)$ ಎರ್ಗ್ $= 10^7$ ಎರ್ಗ್ $=$

1 ಜೂಲ್

ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮಾನಗಳಲ್ಲಿ

$$W\text{(ಜೂಲ್‌ಗಳು)} = \frac{1}{2}\, C \text{ (ಫ್ಯಾರಡ್)} \times V^2 \text{ (ವೋಲ್ಟ್)}$$

4. 16 ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳ ವಿನಿಮಯದಿಂದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಇಳಿತ

A, B ಗಳು ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ Q_1, Q_2 ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳಿರಲಿ. ಅವುಗಳ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಗಳು C_1, C_2 ಆಗಿಯೂ, V_1, V_2 ಗಳು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟಗಳಾಗಿಯೂ ಇರಲಿ.

ಈಗ A,B ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿದರೆ, ಮೇಲ್ಮಟ್ಟ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿಂದ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು ವರ್ಗಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಪರ್ಕದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯು

ವ್ಯಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವ್ಯಯವು ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸುವ ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಒಂದು ಕಿಡಿ ಏರ್ಪಟ್ಟರೆ, ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗದ ಶಕ್ತಿಯು ಬೆಳಕಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿಯೂ, ಶಬ್ದದ ರೂಪದಲ್ಲಿಯೂ ನಾಶವಾಗಬಹುದು. ಹೀಗಾಗಿ, ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಉಳಿಯುವ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣವು ಮೊದಲಿಗಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಲೇಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳ ನಡುವೆ ಸಂಪರ್ಕ ಏರ್ಪಡಿಸಿದರೆ, ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯು ನಾಶ ಹೊಂದುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥ.

A ವಾಹಕ : ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ $=Q_1$, ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟ $=V_1$; ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ $=C_1$; ಶಕ್ತಿ $=\frac{1}{2}C_1V_1^2$

B ವಾಹಕ ; ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ $=Q_2$, ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟ $=V_2$; ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ $=C_2$; ಶಕ್ತಿ $=\frac{1}{2}C_2V_2^2$

ಇವುಗಳ ಸಂಪರ್ಕದಿಂದ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ $=Q=Q_1+Q_2$

ಒಟ್ಟು ಗ್ರಹಣ ಸಾಧುರ್ಥ್ಯ $=C=C_1+C_2$ (ಎರಡೂ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುತ್ತದೆ).

ಸಂಪರ್ಕದ ನಂತರ ಅಂತಿಮ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟ $V=\frac{Q}{C}=\frac{C_1V_1+C_2V_2}{C_1+C_2}$ 4.56

ಸಂಪರ್ಕಕ್ಕೆ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ,

$$E = \text{ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ} = \tfrac{1}{2}C_1V_1^2+\tfrac{1}{2}C_2V_2^2 \qquad 4.57$$

ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದ ನಂತರ ಅಂತಿಮ ಶಕ್ತಿಯು E′ ಆದರೆ

$$E' = \tfrac{1}{2}CV^2$$

$$= \tfrac{1}{2}(C_1+C_2)\left(\frac{C_1V_1+C_2V_2}{C_1+C_2}\right)^2$$

$$= \tfrac{1}{2}\left(\frac{C_1^2V_1^2+C_2^2V_2^2+2C_1C_2V_1V_2}{C_1+C_2}\right) \qquad 4.58$$

$$E = \tfrac{1}{2}(C_1V_1^2 + C_2V_2^2) = \tfrac{1}{2}\frac{C_1+C_2}{C_1+C_2}[C_1V_1^2 + C_2V_2^2]$$

$$= \tfrac{1}{2}\frac{C_1^2V_1^2 + C_2^2V_2^2 + C_1V_2(V_1^2+V_2^2)}{C_1+C_2}$$

$$\therefore (E - E') = \tfrac{1}{2}\left\{\frac{C_1C_2\,(V_1^2+V_2^2-2V'V_2)}{C_1+C_2}\right\}$$

$$= \tfrac{1}{2}\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}(V_1-V_2)^2 \qquad 4.59$$

$E > E'$ ಆಗಬೇಕಾದರೆ, $(V_1 - V_2)^2 > O$

ಅಂದರೆ, $(V_1 - V_2) = O$ ಆದರೆ, ಮಾತ್ರ $E = E^1$ ಆಗಿದ್ದು.

ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ, $(V_1 \neq V_2)$ $(E - E') = +$ ಆಗಲೇಬೇಕು. ಅಂದರೆ. ಎರಡು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟಗಳು ಬೇರೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಶಕ್ತಿಯು ನಾಶವು ಆಗಲೇಬೇಕು.

$E' < E.(E - E^1)$ = ಧನಸಂಖ್ಯೆ $(+)$ 4.60

ಇದನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಉದಾಹರಣೆಯ ಮೂಲಕ ವಿವರಿಸಬಹುದು

A ಮತ್ತು B ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹಕೋಶಗಳಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳ ಸಂಗ್ರಹ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಗಳು, 5 e. s. u ಮತ್ತು 10 e. s. u. ಇವುಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ಮಾಡಿ ಕ್ರಮವಾಗಿ 300 ಮತ್ತು 240 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿಗೆ ವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದರೆ, ಆವುಗಳ ಮೇಲೆ ಉಳಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳ ಪ್ರಮಾಣವೇನು ? ಈ ಸಂಪರ್ಕದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯು ವ್ಯಯದ ಪ್ರಮಾಣವೆಷ್ಟು ?

A	B
$C_1 = 5$ e. s. u	$C_2 = 10$ e. s. u
$V_1 = 300$ ವೋಲ್ಟ್ $= 1$ e. s. u	$V_2 = 240$ ವೋಲ್ಟ್ $= \frac{4}{5}$ e. s. u
$Q_1 = C_1V_1 = 5 \times 1 = 5$ e. s. u	$Q_2 = C_2V_2 = 10 \times \frac{4}{5} = 8$ e. s. u.

ಇವುಗಳನ್ನು ಸಂಪರ್ಕ ಗೊಳಸಿದನಂತರ

ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುದಂಶ $= Q_1 + Q_2 = 5 + 8 = 13$ e. s. u

ಅಂತಿಮ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟ

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{Q_1 + Q_2}{C_1 + C_2} = \frac{13}{15} \text{ e. s. u} = 260 \text{ ವೋಲ್ಟ್}$$

ಶಕ್ತಿಗಳ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ

$$A \text{ (ಪೂರ್ವ)} = \tfrac{1}{2} C_1 V_1^2 = \tfrac{1}{2} \times 5 \times 1 = 2.5 \text{ ಎರ್ಗ್.}$$

$$B \text{ (ಪೂರ್ವ)} = \tfrac{1}{2} C_2 V_2^2 = \tfrac{1}{2} \times 10 \times \frac{4}{5} \times \frac{4}{5} = 3.2 \text{ ಎರ್ಗ್.}$$

ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ (ಪೂರ್ವ) = 5.7 ಎರ್ಗ್.

ಅಂತಿಮ ಶಕ್ತಿ (ಸಂಪರ್ಕದ ನಂತರ)

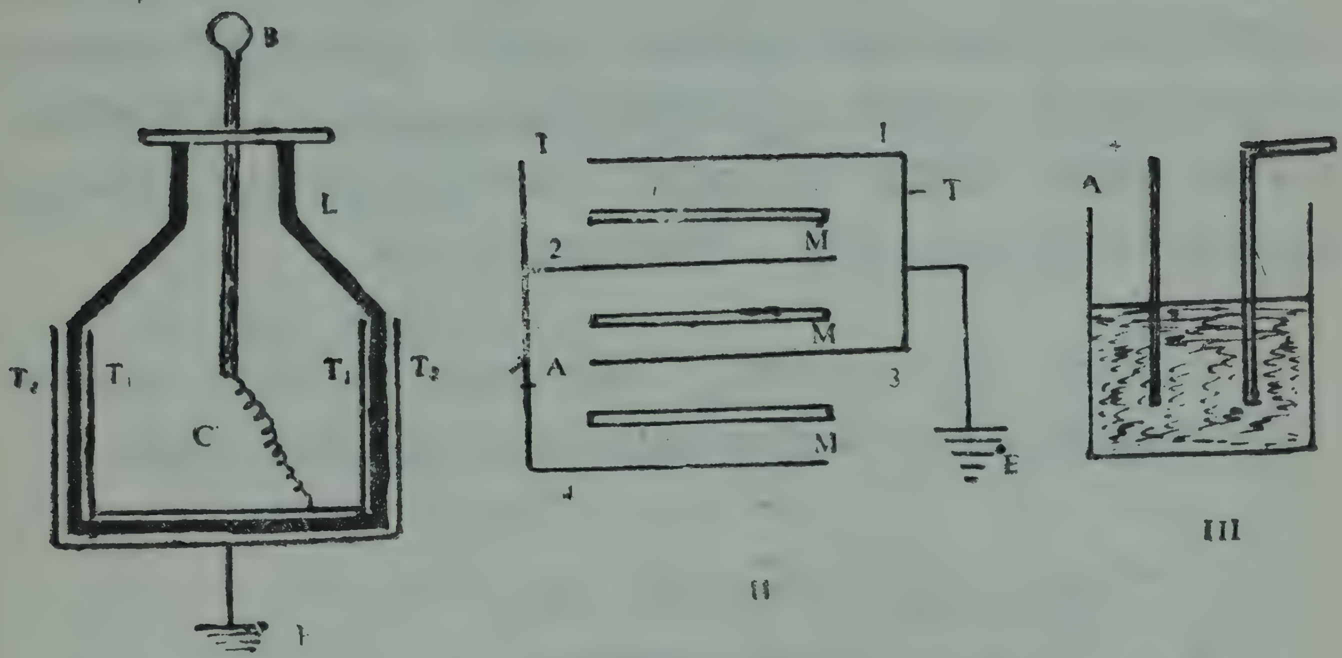
$$= \tfrac{1}{2} (C_1 + C_2) V^2 = \tfrac{1}{2} \times 15 \times \left(\frac{13}{15}\right)^2 = 5.63 \text{ ಎರ್ಗ್}$$

ಆದ್ದರಿಂದ ಶಕ್ತಿ ನಷ್ಟ = 5.7 − 5.63 = 0.07 ಎರ್ಗ್‌ಗಳು.

4.17 ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶಗಳ ವಿವಿಧ ಮಾದರಿಗಳು ಮತ್ತು ಉಪಯೋಗಗಳು

ಇದುವರೆವಿಗೂ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದ ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳು ಯಾವುವೆಂದರೆ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ವಾಹಕ ಫಲಕ ಮತ್ತು ಇದರೊಡನೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕವಿಲ್ಲದಂತೆ ಮತ್ತೊಂದು ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಾಹಕ ಫಲಕ. ಇವುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವಂತೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ (dielectric) ವಾಹಕಗಳ ಮತ್ತು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಭೇದಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದಂತೆ ಹಲವು ಮಾದರಿಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಭೇದಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 4.14ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

(i) **ಲೈಡನ್ ಜಾಡಿ** ಇದು ಒಂದು ಕಟ್ಟುಮುಟ್ಟಾದ ರಚನೆಯ ಮಾದರಿ. ಇದರ ಮುಖ್ಯಭಾಗವು (L) ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಜಾಡಿ. ಇದರ ಒಳಭಾಗಗಳೂ ಮತ್ತು ಹೊರಭಾಗಗಳೂ ತೆಳುವಾದ ತವರದ ಪರೆಯ ಲೇಪ (coat of tin–foil) ವನ್ನು



(i) ಲೈಡನ್ ಜಾಡಿ (ii) ಸ್ಥಿರ ಸಂಗ್ರಹಕೋಶ (iii) ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಕ ಕೋಶ

ಚಿತ್ರ 4.14 ಸಂಗ್ರಹಕೋಶಗಳ ಮಾದರಿಗಳು

ಹೊಂದಿವೆ. ಇದನ್ನು T_1, T_2 ಎಂದು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಒಳಗಡೆಯ ತಳ ಭಾಗಕ್ಕೆ (T_1) C ಎಂಬ ಒಂದು ಲೋಹದ ಸರಪಣಿಯ ಸಂಪರ್ಕವಿದೆ. ಈ ಸರಪಣಿಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಲೋಹದ ಗೋಳಾಕೃತಿಯು ಇದ್ದು ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಹೊರಗಿನ (T_2) ಭಾಗವನ್ನು ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿಸಿದರೆ, (E) T_1, T_2 ವಾಹಕಗಳ ನಡುವೆ ಜಾಡಿಯ ಗಾಜಿನ (b) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಇದ್ದಂತಾಯಿತು.

(ii) **ಸ್ಥಿರ ಸಂಗ್ರಹಕೋಶ** (fixed condenser) ಹಲವಾರು ಸಣ್ಣ ಅಂಗ ಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಜೋಡಿಸಿ. ಸಣ್ಣ ಗಾತ್ರ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವನ್ನು ರಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಇದರ ಒಂದು ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ T, T_1 ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ತೆಳುವಾದ ತವರದ ಹಾಳೆ (tin foil)ಗಳ ನಡುವೆ M, M, ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಕಾಕೆಭಂಗಾರದ (mica) ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳನ್ನು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಜೋಡಿಸಿದೆ – ಪರ್ಯಾಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ, 1,3,5 ಎಂದು ತೋರಿಸಬಹುದಾದ ತವರದ ಹಾಳೆಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ, ಇದನ್ನು (B) ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿಸಬಹುದು. ಉಳಿದ 2,4,6 ಹಾಳೆಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ A ಎಂಬ ಕಡೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸುವ ಅಂಗ ವಿರುತ್ತದೆ. ಮೈಕಗೆ ಬದಲು, ಪ್ಯಾರಫಿನ್ ಲೇಪ ಗೊಳಿಸಿದ ಕಾಗದದ ಹಾಳೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಗುಣಾಂಕಗಳನ್ನು ಬಹಳ

ಹೆಚ್ಚಿಸಿ, ಸಂಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಸಹಾಯಕವಾಗುವಂತೆ, ಕುಂಭವಸ್ತುಗಳನ್ನು (ceramic) ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಸ್ಟಿಯೂಟೈಟ್ (steatite) ವಸ್ತುವಿನ K = 8. ಆದರೆ. ಟೈಟೇನಿಯ (Tuitania)ವನ್ನು ಮಿಶ್ರಗೊಳಿಸಿದರೆ K = 10° ವರೆಗೂ ಏರುವ ಸಂಭವವಿದೆ. ಬೇರಿಯಂ ಟೈಟನೇಟ್ (barium titanate) ಮಿಶ್ರಗೊಳಿಸಿದರೆ K = 5000 ಆಗಬಹುದಂತೆ.

ಹಲವಾರು ಸಣ್ಣ ಅಂಗಗಳನ್ನು ಸಮಾನಾಂತರ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ (parall) ಜೋಡಿಸುವುದರಿಂದ ಒಟ್ಟು ಸಂಗ್ರಹ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ.

n = ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಹಾಳೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ
K = ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕದ ಗುಣಾಂಕ
A = ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಮೇಲ್ಮೈ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ (ಚ. ಸೆಂ. ಮೀ.
d = ಒಂದೊಂದು ನಿರೋಧಕ ಹಾಳೆಯ ದಪ್ಪ (ಸೆಂ. ಮೀ.) ಆದರೆ,

ಈ ಸಂಚಯದ ಒಟ್ಟು ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು C ಆದಲ್ಲಿ,

$$C = \frac{nKA}{4\pi . d \times 9 \times 10^5} \ \mu F \qquad 4.61$$

ಇವುಗಳು ರೇಡಿಯೋ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿವೆ.

(iii) ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಕ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶ

ಇದು ಕೂಡ ಅತಿ ಸಂಕುಚಿತ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ಸಂಗ್ರಹ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ರಚನೆಯ ತತ್ತ್ವವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. A,C ಎಂಬ ಎರಡು ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಫಲಕಗಳನ್ನು ಅಮೋನಿಯಂ ಬೋರೇಟ್ (ammonium borate) ಒಳಗೊಂಡ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ (ಅಥವಾ ಹಿಟ್ಟು) ಇರಿಸಲಾಗಿದೆ. A ಎಂಬುದು +,C ಎಂಬುದು ಋಣ (—) ಧ್ರುವವಾಗುವಂತೆ ಒಂದು ನೇರ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು (D C) ದ್ರಾವಣದ ಮೂಲಕ ಹರಿಸಿದರೆ, A ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಅತಿ ತೆಳುವಾದ (ಸುಮಾರು 10^{-6} ಸೆಂ. ಮೀ ದಪ್ಪ) ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಆಕ್ಸೈಡಿನ ಪರೆಯು (L) ಲೇಪವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಎರಡು ಫಲಕಗಳ ನಡುವಣ ನಿರೋಧಕ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ದ್ರಾವಣವು ಋಣ ಧ್ರುವ (c)ದ ವಿಸ್ತರಣೆಯಂತೆಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗಳನ್ನು ತಡೆಯುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿ ರೇಡಿಯೋ

ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ನುಣುಪುಗೊಳಿಸುವ ಕೋಶದಂತೆ (smoothing condenser)ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಗಳು 8, 16, 32 μFಗಳಾಗಿದ್ದು 500Vಗಳನ್ನು ಕೂಡ ತಡೆಯಲು ಶಕ್ತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು D.C ಮಂಡಲಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು.

(iv) ಚಲ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶ

ಇದರಲ್ಲಿ ಲೋಹ ಫಲಕಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಎರಡು ಶ್ರೇಣಿಗಳು(sets) ಇವೆ. ಪರ್ಯಾಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಿ, 1, 3, 5.... ಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕಡೆ 2. 4. 6...... ಗಳನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆ ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಶ್ರೇಣಿಯು ಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದು ಮತ್ತೊಂದನ್ನು ಚಲಿಸುವಂತಿದ್ದು, ಅದನ್ನು ತಿರುಗಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ, ಫಲಕಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರದೇಶದ (ಗಾಳಿಯು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಾಗಿರುತ್ತವೆ) ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟುಆದರಿಂದ ಸಂಗ್ರಹ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಇರುವಂತೆ ಮಿತಿಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು. ಇಂಥ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ಗ್ರಾಹಕ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಶ್ರುತಿ ಮಾಡಲು (tuning) ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

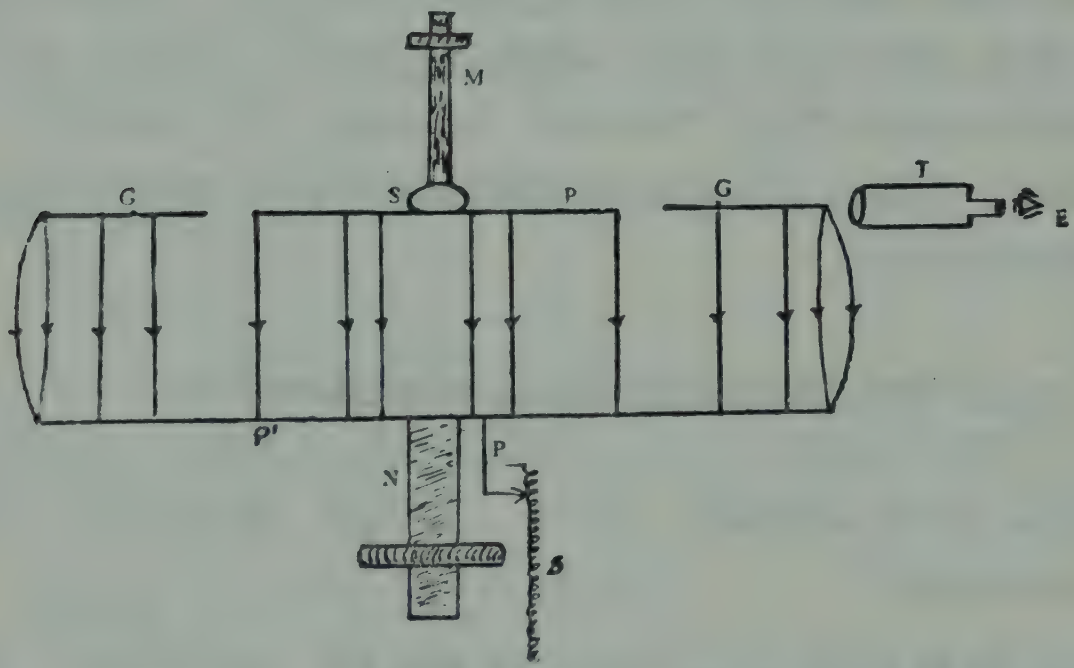
(v) ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶಗಳ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಉಪಯೋಗಗಳು

1. ಕಡಮೆ ಗಾತ್ರಾವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುವುದು.
2. ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ನಿರೋಧಕ ವಸ್ತುಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಸಮೀಕ್ಷೆ ಮಾಡುವುದು.
3. ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಶೇಖರಿಸಿ, ಕಾಲಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಅವಕಾಶವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವುದು.
4. D. C ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟಿ, A.C ಯನ್ನು ಮಾತ್ರ (ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ) ಹಾಯಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು.
5. ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು.
6. ರೇಡಿಯೋ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

7. ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲಗಳಲ್ಲಿ ಕಿಡಿಗಳನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು; ಇತ್ಯಾದಿ.

4.17 ಆಕರ್ಷಕ ಫಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕ (ಕೆಲ್ವಿನ್)

ಇದರ ಹೆಸರೇ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ, ಈ ಉಪಕರಣದ ತತ್ತ್ವವು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಎರಡು ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲಕ್ಕೂ ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಇರುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದು. ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವನ್ನು ನಿರಪೇಕ್ಷಕ (absolute) ವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಕೆಲ್ವಿನ್ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟದ್ದರಿಂದ ಈ ಉಪಕರಣಕ್ಕೆ ಆತನ ಹೆಸರನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 4.15 (ಕೆಲ್ವಿನ್) ಆಕರ್ಷಿತ ಫಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕ

ಈ ಉಪಕರಣದ ರಚನೆಯು ಸುತ್ತುಂಗುರ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶ (guard-ring condenser) ರಚನೆಯನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ ಎಂಬುದು ಲೋಹದ ಗುಂಡು ಬಿಲ್ಲೆಯ (disc) ರೂಪದ (G) ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ಫಲಕ. ಇದನ್ನು ಆವರಿಸುವಂತೆ (ಸ್ವಲ್ಪ ಗಾಳಿಯ ಅಂತರವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು)ಸುತ್ತುಂಗುರ ಫಲಕವು ಅದರ ಸಮತಲದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕದ ಮೂಲಕ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಅದಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ P′ ಎಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ಬಿಲ್ಲೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡುವಾಗ, P ಮತ್ತು Gಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ತಂತಿಯ ಸಂಪರ್ಕದ ಮೂಲಕ ಅವುಗಳು ಒಂದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

ಕೆಳಗಿನ ಫಲಕವಾದ (P') ಬಿಲ್ಲೆಯನ್ನು ಭೂಸ್ಪರ್ಶಮಾಡುವಂತೆ ಸಂಪರ್ಕ ಗೊಳಿಸಿ ಅದರ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಶೂನ್ಯವಾಗಿಡಬಹುದು. ಆಗ, P ಫಲಕಕ್ಕೆ ಹೊರಗಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕದ ಮೂಲಕ ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟ (V) ವನ್ನು ಕೊಟ್ಟರೆ, ಅದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವಾಗಿ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಬಲವು ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟು, ಆ ಫಲಕವು P' ಕಡೆಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ Pಯ ಮಟ್ಟವು GGಯ ಕೆಳಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. P ಫಲಕಕ್ಕೆ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ತಿರುಪಿನ (screw) ಮೂಲಕ, ಅದನ್ನು ಕೆಳಕ್ಕಾಗಲಿ, ಮೇಲಕ್ಕಾಗಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವುದರಿಂದ P ಮತ್ತು GGಗಳು ಮತ್ತೆ ಒಂದೇ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಬರಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. P ಮತ್ತು Gಗಳು ಒಂದೇ ಮಟ್ಟ ದಲ್ಲಿರುವುದನ್ನು ಸಮೀಕ್ಷೆ ಮಾಡಲು T ಎಂಬ ದೂರದರ್ಶಕ (telescope)ವು ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ. P' ಫಲಕವನ್ನು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಮೇಲಕ್ಕೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಸರಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿದೆಯೊ ಅದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಮೇಲಿನ ಬಿಲ್ಲೆ (P)ಗೆ ಕೂಡ ಒಂದು ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್ S ಮತ್ತು ಒಂದು ಸ್ಕ್ರೂ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಒಂದು ಸರಳು ಮತ್ತು ತಿರುಪುಗಟ್ಟಿ M (nut) ಕೂಡ ಇರುತ್ತವೆ. ಇವರ ಸಹಾಯದಿಂದ P ಫಲಕವನ್ನು ಸಹ ನಮಗೆ ಬೇಕಾದಂತೆ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಮೇಲಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡ ಬಹುದು. ಈ ತಿರುಪು ವಿಧಾನಗಳ ಮುಖ್ಯ ಉಪಯೋಗವೇನೆಂದರೆ, P ಮತ್ತು P' ಗಳ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಅಳತೆಯ ಮೂಲಕ ನಿರ್ಧರಿಸುವುದು.

ಪ್ರಯೋಗ ವಿಧಾನ

ಮೊದಲು P, P', G ಎಲ್ಲ ಫಲಕಗಳನ್ನೂ ಭೂಸ್ಪರ್ಶಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿಸಿ ಅವುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. N ತಿರುಪಿನ ಮೂಲಕ A ಫಲಕವು GG ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು.

A ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ತೂಕದ ಬಟ್ಟನ್ನು ಇರಿಸು ವುದು. ಇದು m ಗ್ರಾಂ ಗಳಾಗಿರಲಿ. ಇದರ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಬಲದಿಂದ (mg) P ಫಲಕವು GG ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಮತ್ತೆ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರಿಸಲು M ತಿರುಪಿನ ಮೂಲಕ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ P ಫಲಕವು ಮತ್ತೆ GG ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. [ಇದಕ್ಕಾಗಿ (T) ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸ ಬಹುದು] ಈಗ ತೂಕದ ಬಟ್ಟನ್ನು (m) ತೆಗೆದುಬಿಟ್ಟರೆ, ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್ ಫಲಕವನ್ನು GGಯ ಸಮತಲದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, Pಫಲಕವು ಮತ್ತೆ GGಯ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಬರಬೇಕಾದರೆ ಅದರ ಮೇಲೆ mg ಗೆ ಸಮನಾದ ಬಲವು

ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಡಬೇಕು ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಬಲವನ್ನು P ಫಲಕ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿ, ಅದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲವು mgಗೆ ಸಮನಾದರೆ, ಮತ್ತೆ P ಫಲಕವು GGಯ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಬರುವುದು.

ಈಗ, P ಮತ್ತು GGಗಳ ಭೂಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ತೆಗೆದು ಹಾಕಿ, P ಫಲಕವನ್ನು ಯಾವ ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವು ಬೇಕೋ (V) ಅದರೊಂದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಬೇಕು. ಇದರಿಂದ P, P′ ಗಳ ನಡುವೆ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲವು F ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದು ಫಲಕದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ (A) ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ ಮತ್ತು P ಫಲಕದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟ (V)ಗಳನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ, ಕೆಳಗಿನ ಫಲಕ (P^1) ಕ್ಕೆ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ತಿರುಪು (N)ವಿಧಾನದ ಮೂಲಕ, P ಮತ್ತು GG ಗಳು ಒಂದು ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು.

ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ $F = mg$ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಈ ಎಲ್ಲ ವಿಧಾನಗಳನ್ನೂ ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಅನುಸರಿಸಿದರೆ, ಈ ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು.

t = P,P′ ಫಲಕಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ (ಸೆ. ಮೀ.)

A = P ಫಲಕದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ (ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ.)

ಇಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುಂಗುರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ Aಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ತಿದ್ದುಪಡಿ ಮಾಡಿ.

$A^1 = A + \frac{1}{2}\alpha$ [α = P,G ಗಳ ನಡುವಣ ಗಾಳಿಯ ಸುತ್ತು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ]

V = P ಫಲಕವನ್ನು ಬಾಹ್ಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಏರಿಸಿರುವ ಪ್ರಮಾಣ.

E = P,P′ ಗಳ ನಡುವಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ.

F = P,P′ಗಳ ನಡುವಣ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲ.

$V = t\sqrt{\frac{8\pi mg}{A}}$ e.s.u. ಎಂದು ತೋರಿಸಬಹುದು.

ಈಗ ಈ ಸೂತ್ರದ (derivation) ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು

$E.t = V$ [E ಸಮರೂಪದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿದೆ.]

$E = 4\pi\sigma$

$V = 4\pi\sigma.\ t$

$F = 2\pi\sigma^2 A$

$$\sigma = \frac{V}{4\pi\ t}$$

$$F = \frac{2\pi\ A\ V^2}{16\pi^2 t^2} = \frac{A\ V^2}{8\pi\ t^2} \qquad 4.62$$

1.e.s.u. = 300 ವೋಲ್ಟ್

ಆದ್ದರಿಂದ

$$V = 330\ t\ \sqrt{\frac{8\ \pi mg}{A}}\ \text{ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು} \qquad 4.63$$

ಹೀಗೆ ನೇರವಾಗಿ V ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು t ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಅಷ್ಟು ಸುಲಭವಿಲ್ಲದೆ ಇರುವುದರಿಂದ, ಯಾವುದಾದರೂ ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ಮೂಲಗಳನ್ನು Pಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ, ಅದರ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟಗಳು V_1, V_2 ಗಳಾದರೆ (V_1-V_2) ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಕೆಳಗಿನಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು.

ಮೊದಲು P ಫಲಕವನ್ನು V_1 ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಏರಿಸಿ, ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, P′ ಫಲಕವನ್ನು Pಯ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಬರುವಂತೆ N ತಿರುಪಿನ ಮೂಲಕ ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. ಆಗ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸುವಂತೆ p ಸೂಚಿಯು s ಅಳತೆ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ (scale) ತೋರಿಸುವ ಅಂಕವನ್ನು ಗುರುತುಮಾಡಬೇಕು. ಇದು x_1 ಆಗಿರಲಿ. ಮತ್ತು V_1ಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ t_1 ದೂರಕ್ಕೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

P ಫಲಕವನ್ನು ಮತ್ತೆ ಭೂಸ್ಪರ್ಶಮಾಡಿಸಿ ತದನಂತರ V_2 ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ (ಎರಡನೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಮೂಲ) ಏರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅದು ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. M ತಿರುಪಿನ ಮೂಲಕ P′ ಫಲಕವನ್ನು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ, P ಮತ್ತು GGಗಳು ಒಂದೇ ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಇದು x_2 ಆಗಿರಲಿ ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ P,P′ ಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರವು t_2 ಆಗಿರಲಿ.

ಹೀಗಾಗುವುದರಿಂದ $F = mg$. (ಎರಡು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ)

ಆದರೆ, $t_1 - t_2$ ಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಿದ್ದು

$$(t_1 - t_2) = (x_1 - x_2) \qquad 4.64$$

ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಈಗ 4.63 ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ

$$V_1 = t_1 \sqrt{\frac{8\pi\, mg}{A}} \quad \text{e. s. u.}$$

$$V_2 = t_2 \sqrt{\frac{8\pi\, mg}{A}} \quad \text{e. s. u.}$$

$$(V_1 - V_2) = (t_1 - t_2) \sqrt{\frac{8\pi\, mg}{A}} \quad \text{e. s. u.}$$

$$= (x_1 - x_2) \sqrt{\frac{8\pi\, mg}{A}} \quad \text{e. s. u.} \qquad 4.65$$

ಅಥವಾ

$$(V_1 - V_2) = (x_1 - x_2) \sqrt{\frac{8\pi\, mg}{A}} \quad 300 \text{ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು} \qquad 4.66$$

P,P′ ಗಳ ನಡುವೆ ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯು ಇರುವುದಾಗಿ – $(K = 1)$ ಭಾವಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಆದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲು ಯಾವುದಾದರೂ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ವಸ್ತುವನ್ನು ಇಟ್ಟು ಅದರ ದಪ್ಪವು t ಆದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು

$$C = \frac{K A}{4\pi\, t}$$ ಆಗುತ್ತದೆ. (K = ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಗುಣಾಂಕ)

ಇದರಿಂದ F ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮನಾದ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ K ಬರುವುದರಿಂದ, ಈ ಎರಡು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ K ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕೂಡ ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ $V = t\sqrt{\frac{8\pi mg\ K}{A}}$ ಆಗುತ್ತದೆ 4.67

ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಉದಾಹರಣೆ

ಕೆಲ್ವಿನ್ ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಾಪಕದ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಫಲಕಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರವು 5 ಮಿಮೀ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ= 10 ಚ–ಸೆಂ.ಮೀ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ಫಲಕದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಮಟ್ಟ=1000 ವೋಲ್ಟ್ ಆದರೆ, ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲ ವೇನು?

4.62 ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ

$$F = \frac{A\ V^2}{8\pi t^2}$$

ಇಲ್ಲಿ $A = 10$ ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. $V = 1000$ ವೋಲ್ಟ್ $= \frac{1000}{300} = \frac{10}{3}$ e.s.u.

$t = 5$ ಮಿ. ಮೀ $= 0.5$ ಸೆಂ. ಮೀ.

$$F = 10 \times \frac{10}{3} \times \frac{10}{3} \times \frac{1}{(8\pi.(0.5^2)} = 17.7$$ ಡೈನ್‌ಗಳು

4.19 ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಸೋಪುಗುಳ್ಳೆ

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಫಲಕಕ್ಕೂ ಮತ್ತೊಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸದೆ ಇರುವ ಫಲಕಕ್ಕೂ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದಂತೆ ಒಂದು ಆಕರ್ಷಕ ಬಲವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ವಾರಸ್ಯವಾದ ನಿದರ್ಶನವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತ ಸೋಪ್‌ಗುಳ್ಳೆಯು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ.

ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಒಂದು ಸೋಪುಗುಳ್ಳೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಆ ಗುಳ್ಳೆಯ ಎರಡು ಕಡೆಗಳ ನಡುವಣ ಒತ್ತಡ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ (p) ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಸಮೀಕರಣವಿದೆ.

ಒಳಗಿನ ಒತ್ತಡವು ಬಾಹ್ಯಒತ್ತಡಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು ಅದು p ಆರಲಿ. T = ಸೋಪ್ ದ್ರಾವಣದ ಮೇಲ್ಮೈಕರ್ಷಣ (surface tension). ಡೈನ್/ಸೆಂ.ಮೀ. $r =$ ಗುಳ್ಳೆಯ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ತ್ರಿಜ್ಯ ಸೆಂ.ಮೀ.

$$p = \frac{4T}{r} \qquad 4.68$$

ಈ ಗುಳ್ಳೆಗೆ Q ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಹೇರಿಸಿದರೆ,

$$\sigma = \frac{Q}{4\pi r^2} \text{ ಆಗಿ,} \qquad 4.69$$

ಇದರಿಂದ ಒಳಗಿನಿಂದ ಹೊರಗಿನ ನೇರದಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ಒತ್ತಡಬಲವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಗಾಳಿಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ K = 1

p′ = ಈ ಅಧಿಕ ಒತ್ತಡವಾದರೆ

$$p' = 2\pi\sigma^2 = \frac{2\pi Q^2}{16\pi^2 r4} = \frac{Q^2}{8\pi r^4}$$

ಈ ಕಾರಣದಿಂದ, ಗುಳ್ಳೆಯ ತ್ರಿಜ್ಯವು ವಿಸ್ತರಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ

$$(p + p') = p + \frac{Q^2}{8\pi r^4} = \frac{4T}{r}$$

$$\text{ಅಥವಾ} \quad p = \frac{4}{r}\left(T - \frac{Q^2}{32\pi r^3} \right) \qquad 4.70$$

ಇವರಿಂದ, ಮೇಲ್ಮೈಕರ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಇಳಿತಾಯವಾಗುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಅಂದರೆ ಹೊಸ ಮೇಲ್ಮೈಕರ್ಷಣಯುವು T′ ಆದರೆ

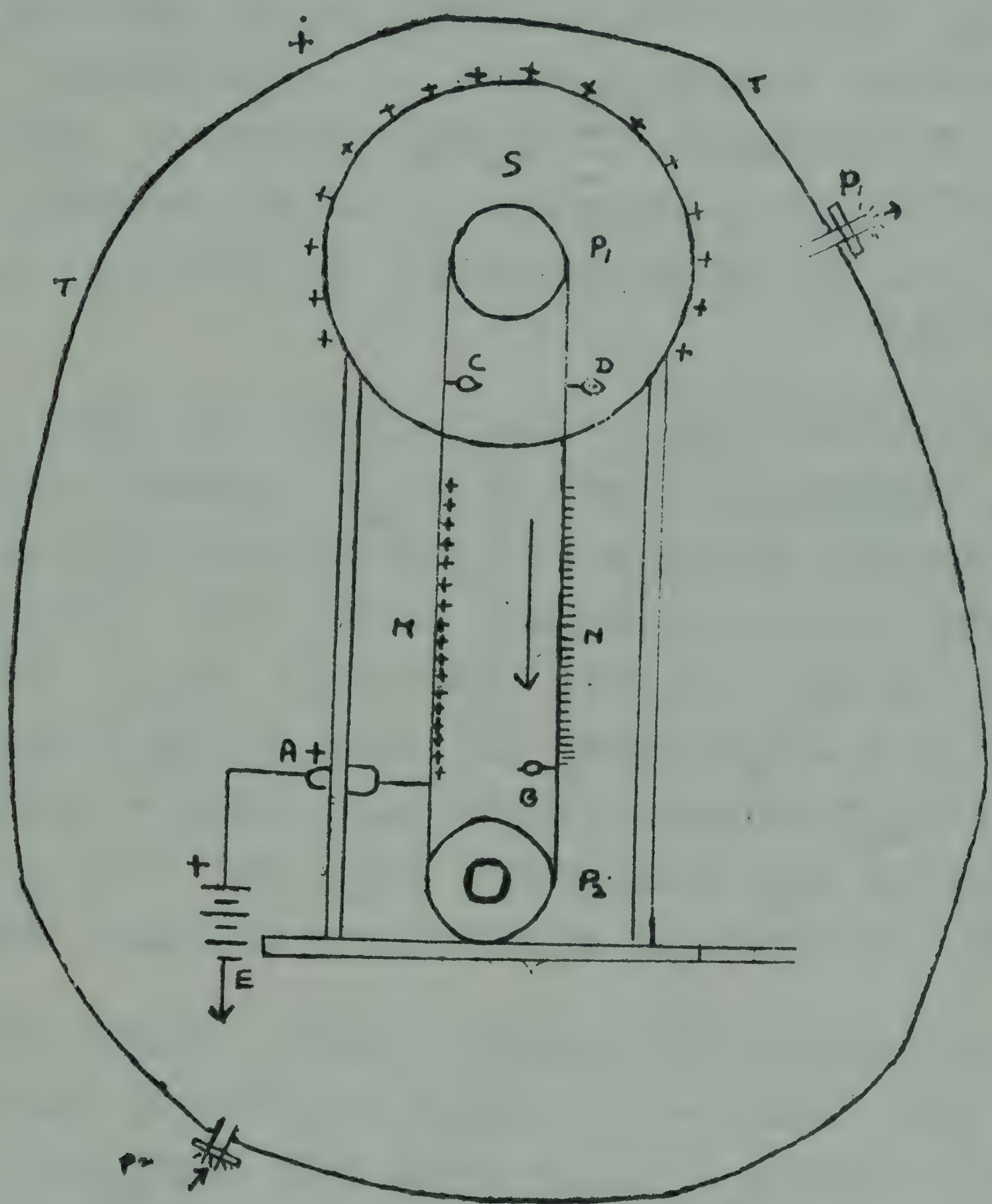
$$T' = \left(T - \frac{Q}{32\pi r^3} \right) \qquad 4.71$$

ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಿತವಾದ ಗುಳ್ಳೆಯು ವಿಕಾಸ ಹೊಂದುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

4.20 ವ್ಯಾನ್–ಡಿ–ಗ್ರಾಫ್ ವಿದ್ಯುತ್‌ಜನಕ

ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ವಿರೋಧ ಚಿಹ್ನೆಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವಂಥ ಯಂತ್ರಗಳಿಗೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಘರ್ಷಣ ಯಂತ್ರಗಳೆಂದು (friction machines) ಹೆಸರು. ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಪ್ರೇರೇಪಣಾ ಅಥವಾ ಚೋದನೆಯ ವಿಧಾನವನ್ನೂ (induction) ಅನುಸರಿಸಬಹುದು. ಈ

ವಿಧಾನದ ಮೂಲಕ ಅಪಾರವಾದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಶೇಖರಿಸುವಂಥ ಬೃಹತ್ ಯಂತ್ರವು ವ್ಯಾನ್-ಡಿ-ಗ್ರಾಫ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕ. ಇದರಿಂದ ಹಲವು ದಶಲಕ್ಷ ಪ್ರಮಾಣದ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಭೇಧಿಸುವ ಉಪಕರಣಗಳಾಗಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಯಂತ್ರದ ರಚನೆಯನ್ನು 4.16 ರಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 4.16 ವ್ಯಾಸ್-ಡಿ-ಗ್ರಾಫ್-ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕ

S ಎಂಬುದು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಟೊಳ್ಳು ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಲೋಹ (ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ. ಗೋಳ. ಇದರ ವ್ಯಾಸವು 15 ಅಡಿಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬಹುದು. (ವಾಷಿಂಗ್‌ಟನ್‌ನಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿರುವ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಗೋಳ ವ್ಯಾಸವು 38 ಅಡಿ) ಇದನ್ನು ಎತ್ತರವಾದ (M,N) ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಸ್ತಂಭಗಳ ಮೇಲೆ ನಿಲ್ಲಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಗೋಳದ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ P_1 ಎಂಬ ಒಂದು ರಾಟೆಯೂ

(pulley) ಅದರ ಕೆಳಕ್ಕೆ (ನೇರವಾಗಿ) P_2 ಎಂಬ ಇನ್ನೊಂದು ರಾಟೆಗಳಿರುತ್ತವೆ. P_2 ರಾಟೆಯನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮೋಟಾರ್‌ಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ವೇಗವಾಗಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುತ್ತದೆ, P_1, P_2ಗಳ ಸುತ್ತ ಒಂದು ರಬ್ಬರ್ ಅಥವಾ ರೇಷ್ಮೆಯ ದಟ್ಟವಾದ ಪಟ್ಟಿಯು ಇದ್ದು,P_2 ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವಾಗ.ಈ ಪಟ್ಟಿಯೂ ಕೂಡ ಮೇಲಕ್ಕೂ ಕೆಳಕ್ಕೂ ವೇಗದಿಂದ ಸುತ್ತುತ್ತಲಿರುತ್ತದೆ. A, B, C, Dಗಳು ನಾಲ್ಕು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ, ಇವುಗಳ ಮೊನೆಗಳು ಚೂಪಾಗಿದ್ದು, ಪಟ್ಟಿಯ ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಲ್ಲಿ ಮೇಲೂ ಕೆಳಗೂ ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. A ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕವನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ (battery) ಧನ ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಬಂಧಿಸಲಾಗಿದ್ದು ಅದು ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್‌ನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. D ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕವನ್ನು ಗೋಳ (S)ದ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿರುತ್ತದೆ. P_2 ರಾಟೆಯನ್ನು ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಈಗ ರಾಟೆಯು ಸುತ್ತುತ್ತ ಇರುವಾಗ ಪಟ್ಟಿಯ ಎಡ ಭಾಗವು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರುತ್ತ ಇರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. A ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಚೂಪು ಮೊನೆಯಿಂದ ಕೊಡಲ್ಪಟ್ಟ ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಏರುತ್ತಿರುವ ಎಡ ಭಾಗದ ಪಟ್ಟಿಗೆ ಕೊಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲಿನ ರಾಟೆಯ ಸುತ್ತ ಹಾಯ್ದು ಕೆಳಗೆ ಇಳಿಯುವಾಗ, C ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಕ್ಕೆ + ವಿದ್ಯುತ್‌ನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತವೆ. ಇದು, ಚೋದನೆಯ ವಿಧಾನದಿಂದ D ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕಕ್ಕೆ – ವಿದ್ಯುತ್‌ನ್ನೂ, ಗೋಳಕ್ಕೆ ಧನವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೂ ಪ್ರೇರೇಪಿಸುತ್ತದೆ (induces). D ಮೇಲಿರು ಋಣ(—)ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಗಡೆ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುತ್ತಿರುವ ಪಟ್ಟಿಗೆ ಕೊಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಕೆಳಗೆ ಇರುವ D ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಕ್ಕೆ ವಿಸರ್ಜಿಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲಿಂದ P_2ಮೂಲಕ ಭೂಮಿಯನ್ನು ತಲಪುತ್ತದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಪಟ್ಟಿಯು ಸುತ್ತುತ್ತ ಇರುವಾಗ, ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈನ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ + ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಶೇಖರವಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಗೋಳವು ನುಣುಪಾಗಿದ್ದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನೆಲ್ಲ ಸಮರೂಪದಲ್ಲಿ ಆವರಿಸುತ್ತದೆ. A ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ಮೂಲಕ ಕೆಲವು ನೂರು ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಿದರೆ, ಗೋಳಾಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಹಲವು ದಶಲಕ್ಷ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಶೇಖರವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟು ಅಧಿಕ ವೋಲ್ಟೇಜನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟಲು ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಹೊರಗಡೆ ಇರುವ ಗಾಳಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಾರದು. ಅದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಸೋರಿಹೋಗಲು (leak) ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಲು ಗೋಳಾಕೃತಿಯನ್ನು ಆವರಿಸಿರುವಂತೆ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಹೊರಗಣ ತೊಟ್ಟಿ (tank) (T) ಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕು. ಇದು ಲೋಹದ್ದಾಗಿದ್ದು

ಅದನ್ನು ಭೂಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಿಸಬಹುದು. ಈ ತೊಟ್ಟಿಯೊಳಗೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿರುವ (ಸುಮಾರು 6–7 ವಾಯುಭಾರ ಮಾನಗಳ ಒತ್ತಡ)ಗಾಳಿಯನ್ನು $P_1.P_2$ ಎಂಬ ತಿರುಪು ಬಿರಡೆ (taps)ಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

ಹಲವಾರು ದಶಲಕ್ಷ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕಗಳನ್ನು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಭೇದಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

5. ಚಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ :

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕಾಂತೀಯ ಪರಿಣಾಮಗಳು

5.1 ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವಿವಿಧ ಪರಿಣಾಮಗಳು

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ಲೋಹದ ತಂತಿಯ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿಸಿದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ, ಕೋಶದ ಧನ ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸುವ (A) ತುದಿಯಿಂದ ಋಣ ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಬಂಧಿತವಾಗಿರುವ ತುದಿಯ (B) ನೇರದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಾವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, A, B ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂತರವು (P. D) ಏರ್ಪಟ್ಟು A ತುದಿಯ ಮಟ್ಟವು B ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ನಿಜವಾದ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ, ಲೋಹದ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ವತಂತ್ರ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಮುಕ್ತ (free electrons) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ, ಕಡಮೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟದ ಕಡೆಯಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟದ ನೇರದಲ್ಲಿ (B ಇಂದ A ಗೆ) ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲಸೆಯನ್ನೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ (current)ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಹೀಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಚಲವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಮೂರು ಮುಖ್ಯ ಪರಿಣಾಮಗಳು ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು ಕಾಂತೀಯ ಪರಿಣಾಮ. ಅಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಾಹಕದ ಸುತ್ತಲೂ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಟ್ಟು ಆದರಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಬಲಗಳು ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕವನ್ನೇ ಒಂದು ಕಾಂತದಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಎರಡನೆಯ ಪರಿಣಾಮವು ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಉಷ್ಣ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು. ತಂತಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರುತ್ತದೆ. ಮೂರನೆಯ ಪರಿಣಾಮವು ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ (electrolysis) ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟರೆ, ಆ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ – ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಾಹಕ ತಂತಿಯು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಲು ಅವಕಾಶವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯು ಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯು ವ್ಯಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಇದನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಲು ವಾಹಕದ ತುದಿಗಳನ್ನು ನಿಯತ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂತರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮೂಲಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಬೇಕು. ಇದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವಾಗಿಯಾಗಲಿ, ಡೈನಮೋ ಯಂತ್ರವಾಗಿಯಾಗಲಿ ಇರಬಹುದು. ಒಂದರಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಪನ್ನವಾದರೆ, ಮತ್ತೊಂದರಲ್ಲಿ ಯಾಂತ್ರಿಕಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅಳೆದು ಒಂದು ಏಕಮಾನವನ್ನು ರಚಿಸಲು ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಎಲ್ಲ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನೂ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಆದರೂ, ಕಾಂತೀಯ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧ ಪಟ್ಟಂತೆ ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡುವ ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಾಧಾನ್ಯತೆಯನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಇದೇ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಆಂಪಿಯರ್ (ampere).

5.2 ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕಾಂತೀಯ ಪರಿಣಾಮ ಲಾಪ್ಲಾಸ್ ಸೂತ್ರ

1819 ರಲ್ಲಿ ಆಯರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದನು.



(a) (b)

ಚಿತ್ರ 5.1 ವಿದ್ಯುತ್ - ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರ

AB ಎಂಬುದು [5.1 (ii)] ಲೋಹದ ತಂತಿಯಾಗಿದ್ದು ಇದನ್ನು ಭೂಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ (H)ದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಇರಿಸಿ ಅದರ ಮೂಲಕ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ABನೇರದಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡಿಸಿದರೆ, ಆ ತಂತಿಯ ಕೆಳಗೆ ns ಎಂಬ ಸಣ್ಣ ಕಾಂತ ದಿಕ್‌ಸೂಚಿಯನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಅದರ n ಧ್ರುವವು H ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪಶ್ಚಿಮದ ಕಡೆಗೆ (w) ವಾಲುತ್ತದೆ. ಇದೇ ದಿಕ್‌ಸೂಚಿಯನ್ನು ತಂತಿಯ ಮೇಲ್ಗಡೆ ಇಟ್ಟರೆ, n ಧ್ರುವವು (E) ಪೂರ್ವದ ಕಡೆಗೆ ವಾಲುತ್ತದೆ. ಇವರಿಂದ ನಮಗೆ ತಿಳಿಯುವ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕದ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ, ಚಿತ್ರ 5.1 (a) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ

AB ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಳಗಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಲಂಬಸಮತಲದಲ್ಲಿ (P) ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಇವುಗಳನ್ನು ಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದರೆ, ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ತಂತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಬಿಂದು Oವನ್ನೂ ಕೇಂದ್ರವನ್ನಾಗಿ ಹೊಂದಿರುವ ಸಕೇಂದ್ರಕ ವೃತ್ತಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲಗಳು ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಇರುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

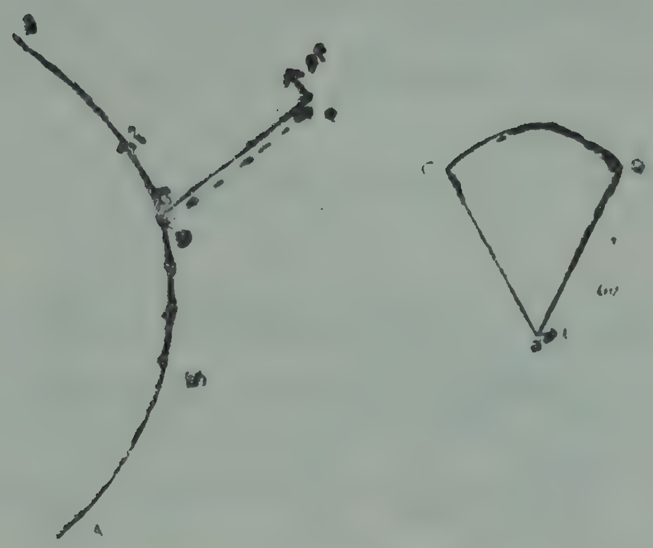
ವಾಹಕತಂತಿಯಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕನ್ನೂ, ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ದಿಕ್ಕನ್ನೂ ಸಂಬಂಧಿಸುವಂತೆ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಬಿರಡೆ ತಿರುಪು ಸೂತ್ರವನ್ನು (cork-screw rule) ರಚಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಮತ್ತೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲು ಆಂಪಿಯರ್ ಮತ್ತು ಫ್ಲೆಮಿಂಗ್ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದ್ದಾರೆ:

ಒಂದು ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಟ್ಟರೆ, ಅದನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ದಂಡಕಾಂತದಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಈ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯು ಎರಡು ವಿರೋಧ ಮುಖಗಳೂ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ನಮ್ಮ ಎದುರಿನ ಮುಖದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿದ್ದರೆ ಅದೇ N ಧ್ರುವವೆಂದು, ಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿರುವುದು S ಧ್ರುವವೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೂ ಅದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಶಕ್ತಿಗೂ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರೂಪವನ್ನು ಕೊಟ್ಟವರು, (Biot & Savart) ಬಯೋ ಮತ್ತು ಸವಾರ್ಟ್ - ಲಾಪ್ಲಾಸ್ (Laplace) ಹೆಸರಿನಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಸೂತ್ರದ ರೂಪವು ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಈಗ ಲಾಪ್ಲಾಸ್ ಸೂತ್ರದ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಿಂದ (5.2) ವಿವರಿಸಬಹುದು.

AB ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಟ್ಟಿರಲಿ. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು c.g.s. ಮಾನದಲ್ಲಿ i (e.m.u) ಆಗಿರಲಿ CD ಎಂಬುದು ಇದರ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗ (current element) ಆಗಿರಲಿ. P ಎಂಬ ಒಂದು ಬಿಂದುವು $OP=r$ ಸೆಂ.ಮೀ. ದೂರದಲ್ಲಿರಲಿ. CD ವಿಭಾಗದ ಕೇಂದ್ರವು O ಆಗಿದ್ದು COP= θ ಆಗಿರಲಿ. CD=dl ಸೆಂ.ಮೀ. ಆಗಿರಬಹುದು.

i ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು dF ಆಗಿರಲಿ. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ dF ಬಲದ



ಚಿತ್ರ 5.2 ಲಾಪ್ಲಾಗ್ ಸೂತ್ರ

ನೇರವು CD ಮತ್ತು OP ಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಲಾಪ್ಲಾಸ್ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ

$$dF \alpha \frac{i.dl.Sin\ \theta}{r^2} \qquad 5.1$$

ಅಥವಾ $dF = \dfrac{K.i.dl.Sin\ \theta}{r^2}$

ಇಲ್ಲಿ K ಎಂಬುದು ನಿಯತಾಂಕವಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಮೌಲ್ಯವು ನಾವು ಆರಿಸುವ ಏಕಮಾನಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ನಾವು i ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಏಕಮಾನವನ್ನು c.g.s. (e.m.u) ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲು ಒಂದು ನಿಬಂಧನೆಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸಬೇಕು. ಇದು ಹೀಗಿರಬಹುದು; $dl = 1$ ಸೆಂ.ಮೀ. $= 1$ ಸೆಂ.ಮೀ. $\theta = 90^0$ ಆಗಿದ್ದು $dF = 1$ ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ ಆದರೆ $i = 1$(e.m.u)$_r$ ಏಕಮಾನವೆಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಿದರೆ ಮೇಲಿನ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ $K = 1$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ನಿಬಂಧನಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟು ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ ನಾವು 'i' ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಏಕಮಾನವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ವಿವರಣೆಯಿಂದ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಬಹುದು.

ಒಂದು ಸೆಂ.ಮೀ. ಉದ್ದದ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕವನ್ನು 1 ಸೆಂ.ಮೀ. ತ್ರಿಜ್ಯವುಳ್ಳ ಒಂದು ವೃತ್ತದ ಚಾಪವನ್ನಾಗಿ ಬಾಗಿಸಿ, ಅದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಮೂಲಕ ವೃತ್ತದ ಕೇಂದ್ರ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ ಮೌಲ್ಯದ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವು ಏರ್ಪಟ್ಟರೆ ಆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಮೌಲ್ಯವು c.g.s. ಮಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏಕಮಾನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಚಿತ್ರ [5.2 (ii)]ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇವನ್ನು

ನಿರಪೇಕ್ಷಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಮಾನ (absolute unit) ಎಂದು ಕರೆದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ ಆಂಪಿಯರ್ ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಲಾಗಿದೆ.

$$1 \text{ ಆಂಪಿಯರ್} = \frac{1}{10} \text{ c.g.s ಏಕಮಾನ.}$$

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಸತ್ವ (strength) ಎಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳ ಚಲಿಸದ ದರ (rate of flow of charge) t ಸೆಕೆಂಡ್‌ಗಳಲ್ಲಿ q ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು ಹರಿಯುತ್ತಿದ್ದರೆ, $i = \frac{q}{t}$ ಇದನ್ನೇ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿದರೆ. 1 ಆಂಪಿಯರ್ = 1 ಕೂಲಾಂಬ್/1 ಸೆಕೆಂಡ್

1 ಕೂಲಾಂಬ್ $= 3 \times 10^9$ e. s. u. ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಏಕಮಾನಗಳು.

1 e.m.u ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ = 10 ಆಂಪಿಯರ್

1 e.m.u. ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಪ್ರಮಾಣ $= 3 \times 10^{10}$ e.s.u. ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ.

$$\therefore \quad \frac{1 \text{ e.m.u. ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ಏಕಮಾನ}}{1 \text{ e.s.u. ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ಏಕಮಾನ}} = 3 \times 10^{10} (= \text{ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ}) \qquad 5.2$$

5.1 ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಮಾಣಗಳು e.m.u ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನೇ M.K.S. ಮಾನಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿದರೆ

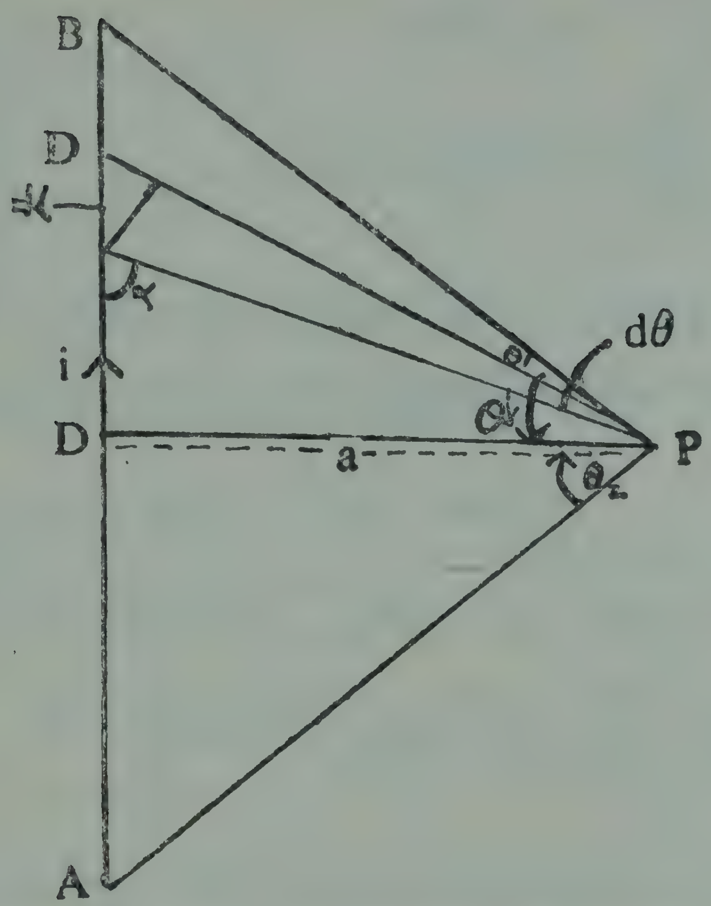
$$dF = \frac{I.\, dl.\sin\theta}{4\pi r^2} \quad \text{ಅಂಪಿಯರ್ ಸುತ್ತುಗಳು/ಮೀಟರ್} \qquad 5.3$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ r ಮತ್ತು dl ಗಳು ಮೀಟರ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ, I ಅಂಪಿಯರ್ ಮಾನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರಬೇಕು.

ಈಗ ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡಬಹುದು.

5.3 ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ಮತ್ತು ನೇರವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲ

ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ AB ಎಂಬ ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ i (c.g.s.) ಮಾನದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತಿರಲಿ. CD



ಚಿತ್ರ 5.3 ಉದ್ದವಾದ ಮತ್ತು ನೇರವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲ

ಎಂಬ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ತುಂಡಿನ ಉದ್ದವು dl ಆಗಿದ್ದು, ಇದರಿಂದ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು dF ಆಗಿರಲಿ

$PC = r.\ PCO = \alpha \quad CPD = d\theta$

PO, AB ಗೆ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದು PO = a ಆಗಿರಲಿ

$$dF = \frac{i.dl.\text{Sin}\,\alpha}{r^2}$$ (PR ಮೂಲಕ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ)

$CPO = \theta_1 \quad PCO = \alpha$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ

$(\theta + \alpha) = 90^0; \quad \text{Sin}\,\alpha = \cos\theta$

$$\because \quad dF = \frac{I.\ dl\cdot \cos\theta}{r^2}$$

PDಗೆ, CE, ಲಂಬವಾಗಿದ್ದರೆ, DCE = θ ಆಗಿದ್ದು,

$CD = r.d\theta = dl.\ \text{Cos}\ \theta$

$$dF = \frac{i.dl\cdot\ \text{Cos}\ \theta}{r^2} = \frac{i.t.\ d\theta}{r^2} = \frac{i.\ d\theta}{r}$$

ಆದರೆ $\frac{a}{r} = \text{Cos}\theta$

$$\therefore \ dF = \frac{i. \text{Cos } \theta. d\theta}{a}$$

ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಎರಡು ತುದಿಗಳು A,B ಆಗಿದ್ದರೆ, BPO $= \theta$, ಮತ್ತು APO $= -\theta_2$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಒಟ್ಟು ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು F ಆದರೆ,

$$F = \int_{-\theta_2}^{\theta_1} \frac{i. \text{Cos } \theta. d\theta}{a} = \frac{i}{a}\Big[\sin\theta\Big]_{-\theta_2}^{\theta_1} = \frac{i}{a}\Big(\text{Sin } \theta_1 + \text{Sin}\theta_2\Big)$$

$\therefore \ F = \frac{i}{a} (\text{Sin } \theta_1 + \text{Sin}\theta_2)$ ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ 5.3

AB ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕವು ಅನಂತ ಉದ್ದವಾಗಿದ್ದರೆ (infinitely long)

$$\theta_1 = \theta_2 = 90^0$$

ಆಗ $F = \frac{2i}{a}$ ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ (i c.g.s. ಮಾನ)

ಅಥವಾ $F = \frac{1}{5a}$,, (I ಆಂಪಿಯರ್)

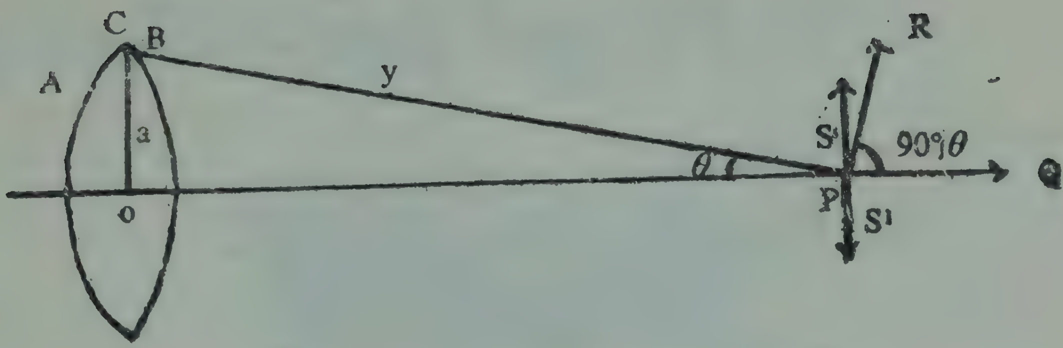
5.4 ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲ

ಇದನ್ನೂ ಉಲಾಪ್ಲಾಸ್ ಸೂತ್ರದಿಂದಲೇ ಕುಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

a ಸೆಂ.ಮೀ. ತ್ರಿಜ್ಯದ ಒಂದು ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ i. c.g.s. ಮಾನದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತಿರಲಿ. ಈ ವೃತ್ತದ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ x ದೂರದಲ್ಲಿ (OP $=$ x) ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವನ್ನು ನಾವು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

AB ಎಂಬುದು ವೃತ್ತದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗವಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ಉದ್ದ $=$ dl ಮತ್ತು CP $=$ y ಆಗಿರಲಿ. CP $= \phi$ ಆಗಿದ್ದರೆ, $\text{Sin } \phi = \frac{a}{y}$

AB ಉದ್ದದ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, P



ಚಿತ್ರ 5.4 ವರ್ತುಲ ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದಿಂದ ಕಾಂತಬಲ

ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು dF ಆಗಿರಲಿ.

ಈ ಬಲದ ನೇರವು AB ಮತ್ತು yಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಇದು PR ನೇರದಲ್ಲಿದ್ದು, ಇದು AB ವಿಭಾಗಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವಂತೆ ($\propto = 90^0$) ಆಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ $dF = \frac{i.\ dl.\ Sin\ 90}{y^2} = \frac{i.\ dl.}{y^2}$ ಆಗುತ್ತದೆ (PR ನೇರದಲ್ಲಿ). ಇದನ್ನು OP ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ, ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ, ವಿಶ್ಲೇಷಣ (resolve) ಮಾಡಿದರೆ, OP ನೇರದಲ್ಲಿ (PQ) $dF\ Cos\ (90-\theta) = dF.\ Sin\ \theta$.

ಮತ್ತು $PS = dF\ Cos\ \theta$.

ಇವುಗಳನ್ನು ಇಡೀ ಸುರಳಿಗೆ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ. PS ಮಾದರಿಯ ಅಂಗಗಳನ್ನು ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಿದರೆ, ಮೇಲಿನ ಅರ್ಧ ಸುರಳಿಯಿಂದ PS ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ, ಕೆಳಗಿನ ಅರ್ಧ ಸುರಳಿಗೆ PS' ಎಂಬ ವಿರೋಧ ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ, ಸಮನಾಗಿದ್ದು ಎಲ್ಲ ವಿಭಾಗಗಳ ಮೊತ್ತವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ, OP ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಅಂದರೆ, PQ ಮಾದರಿಯ ಅಂಗಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ಇವುಗಳೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಇರುವುದರಿಂದ, ಬಲಪಡಿಸಿಕೊಂಡು ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ನಾವು ಇಡೀ ಸುರಳಿಯನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ $\int dl = 2\pi a$ ಆಗುತ್ತದೆ. (ಇದು ಒಂದು ಸುಳಿರಯ ಸುತ್ತಳತೆ) ಆದ ರಿಂದ, ಒಟ್ಟು ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು $F = \Sigma dF.\ Sin\ \theta$ ಆಗುತ್ತದೆ.

$$\therefore F = \int_0^{2\pi a} \frac{i.\ dl.\ Sin\theta}{y^2}$$

$$= \frac{i.\ Sin\ \theta}{y^2} \int_0^{2\pi a} dl = \frac{2\pi.a.i.\ Sin\theta}{y^2}$$

ಆದರೆ, $Sin\ \theta = \frac{a}{y}$; $y^2 = a^2 + x^2$

$$\therefore F = \frac{2\pi a^2 \cdot i}{y^3}$$

$$F = \frac{2\pi.\ i.\ a^2}{(x^2+a^2)^{3/2}}$$ (ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್)

a ತ್ರಿಜ್ಯದ n ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ

$$F = \frac{2\pi.\ n.\ i.\ a^2}{(x^2+a^2)^{3/2}}$$ (ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್) (i = c.g.s. ಮಾನ)

ಅಥವಾ

$$F = \frac{2\pi\ n\ I\ a^2}{10(x^2+a^2)^{3/2}}$$ (I ಆಂಪಿಯರ್) 5.5

x = o, P ಬಿಂದುವು ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಇದ್ದರೆ, ವೃತ್ತದ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವು

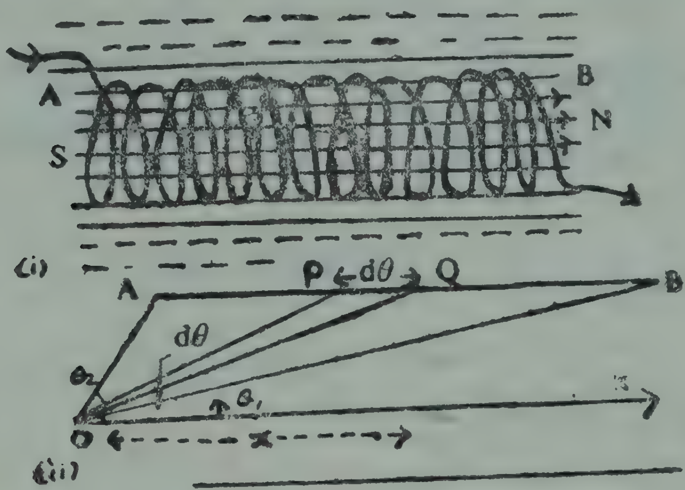
$$F_0 = \frac{2\pi\ n\ i.\ a^2}{a^3} = \frac{2\pi\ n\ i}{a} = \frac{2\pi\ n\ I}{10\ a}$$

ಅಥವಾ

$$F_0 = \frac{\pi\ n\ I}{5a}$$ (ಆಯಿರ್ ಸ್ಟೆಡ್) (I ಆಂಪಿಯರ್) 5.6

ಇದನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಹೆಲ್ಮ್ ಹೋಲ್ಟ್ಜ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕವನ್ನು ರಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಮುಂದೆ ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲಾಗುವುದು.

5.5 ತಂತಿಯುರುಳಿಯ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಬಲ



ಚಿತ್ರ 5.5 ತಂತಿಯುರುಳಿಯ ಆಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಬಲ

ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿ (AB) ಯ ಹೊರಗಡೆ ಒಂದು ತಂತಿಯುರುಳಿಯನ್ನು ಹಲವಾರು ಸುತ್ತುಗಳನ್ನಾಗಿ (ಒಂದರ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿ) ಸಮರೂಪದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸೋಣ. ಒಳಗಡೆ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಗಾಳಿಯೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯ ತ್ರಿಜ್ಯವು *a* ಸೆಂ.ಮೀ. ಮತ್ತು ಒಂದು ಸೆಂ.ಮೀ. ಉದ್ದದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು n ಆಗಿರಲಿ.

ಈಗ ತಂತಿಯ ಒಂದು ತುದಿಯಿಂದ (A) ಮತ್ತೊಂದು ತುದಿ (B) ಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ತಂತಿಗಳ ಮೂಲಕ ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ, ಇದರ ಫಲವಾಗಿ, ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯ ಅಕ್ಷತಿದ ನೇರದಲ್ಲಿ (axis of the solenoid) ಒಂದು ಸಮರೂಪದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದರ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲರೇಖೆಗಳ ರೂಪವನ್ನು ಚಿತ್ರ 5.5 (i)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವು i (e.m.u.) ಆದರೆ, ಇದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ F (ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್) ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

ಅಕ್ಷದ ನೇರದಲ್ಲಿ (OX) O ಎಂಬುದು ಒಂದು ಬಿಂದುವಾಗಿರಲಿ.

ತಂತಿಯ ಸುತ್ತುಗಳಲ್ಲಿ PQ ಎಂಬ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ತುಂಡನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಇದರಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು dF ಆಗಿರಲಿ. $PQ = dx$; $OM = x$; $OP = r$; $OQ = r + dr$; $POQ = d\theta$ ಆಗಿರಲಿ. PQ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ $= n \cdot dx$ ($n = 1$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಉದ್ದದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಸುತ್ತುಗಳು). ಈ ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗವನ್ನು *a* ತ್ರಿಜ್ಯದ

ವರ್ತುಲ ಸುರುಳಿಯನ್ನಾಗಿ ಭಾವಿಸಿ, ಅದನ್ನು i.n. dx ಎಂಬ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವಿಭಾಗವನ್ನಾಗಿ (current element) ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಅಗ. ಇದರಿಂದ OX ನೇರದಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವ ಕಾಂತಬಲವು dF ಆದರೆ,

$$dF = \frac{2\pi\ a^2.\ i.\ n.\ dx}{(a^2+x^2)^{3/2}} \quad (5.5\ \text{ಸಮೀಕರಣ}) \qquad 5.7$$

$$r^2 = a^2 + x^2$$

$$\therefore\ dF = \frac{2\pi.\ a^2.\ n.\ i.\ dx}{r^3}$$

$$POM = \theta\ \text{ಆದರೆ},\ \frac{a}{r} = \text{Sin}\ \theta.\ \frac{a^2}{r^2} = \text{Sin}^2\ \theta$$

$$dF = \frac{2\pi.\ ni.\ dx.\ \text{Sin}^2\theta}{r}$$

ಚಿತ್ರದಿಂದ, $r.d\theta = dx.\ \text{Sin}\ \theta$

$$\therefore \quad \frac{dx.\ \text{Sin}\,\theta}{r} = d\theta$$

$$\therefore \quad dF = 2\pi.\ n.\ i.\ \text{Sin}\ \theta\ d\theta$$

A,B ಗಳು ತಂತಿಯುರುಳಿಯ ಎರಡು ತುದಿಗಳಾದರೆ $AoX = \theta_2; BOX = \theta_1$ ಇವುಗಳ θ ಗೆ ಎರಡು ಮಿತಿಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಇಡೀ ತಂತಿಯುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು F ಆದರೆ

$$F = \int dF \quad \int_{\theta_1}^{\theta_2} 2\pi\ ni.\ \text{Sin}\ \theta.\ d\theta$$

$$= 2\pi\ ni\ (\text{Cos}\ \theta_1 - \text{Cos}\ \theta_2)$$

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು I ಆಂಪಿಯರ್ ಎಂದು ಸೂಚಿಸಿದರೆ $i = \frac{I}{10}$

$$F = \frac{2\pi \, n \, I}{10} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) \qquad 5.8$$

ಇದು ಸಣ್ಣ ತಂತಿಯುರುಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಉದ್ದವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದರೆ. ಎರಡು ತುದಿಗಳೂ (B,A) ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅನಂತ ದೂರ (infinitely long) ದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಿ,

$\theta_1 = O; \quad \theta_2 = 180^0$ ಆಗುತ್ತದೆ.

$\cos \theta_1 = 1; \; \cos \theta_2 = \cos 180 = -1$

$\therefore F = 4\pi \, n \, i$

$F = \frac{4\pi \, n \, I}{10}$ (ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್)

ಇದು OX ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ತಂತಿಯುರುಳಿಯ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ; ಈ ಬಿಂದುವನ್ನು ಒಂದು ಕಟ್ಟಕಡೆಯ ತುದಿಯಲ್ಲಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, $\theta_1 = 90^0$, $\theta_2 = \pi$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಆಗ $F' = 2\pi \, n \, I \, [\cos \theta_1 = O \;\; \cos \theta_2 = -1]$ ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ :- ಒಂದು ಅತಿ ಉದ್ದವಾದ ತಂತಿಯುರುಳಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಇದರ ಒಂದು ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು ತಂತಿಯುರುಳಿಯ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ಪ್ರಮಾಣದ ಅರ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಒಳಗಡೆ : $F = \frac{4\pi \, n \, I}{10}$ (ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್)

ಒಂದು ತುದಿಯಲ್ಲಿ $F' = \frac{2\pi \, n \, I}{10} = \frac{F}{2} \qquad 5.10$

ತಂತಿಯುರುಳಿಯ ಒಟ್ಟು ಉದ್ದವು l ಆಗಿದ್ದು ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಒಟ್ಟು ತಂತಿಯ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು N ಆದರೆ,

$$n = \frac{N}{l} : F = \frac{4\pi \, n \, I}{10l} \qquad 5.11$$

ತಂತಿಯುರುಳಿಯ ಒಳಗೆ ಕಬ್ಬಿಣದಂಥ ಒಂದು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಇದ್ದು ಅದರ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆಯ ಗುಣಾಂಕವು μ ಆಗಿದ್ದರೆ.

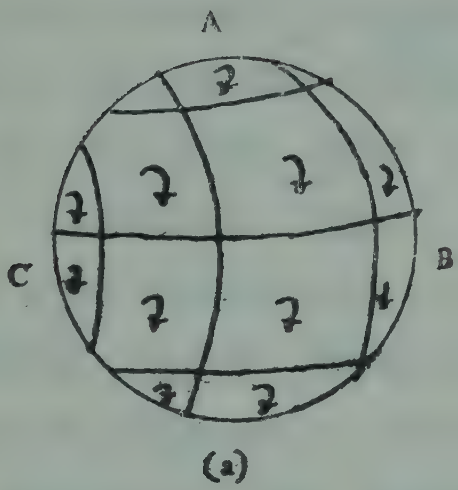
$$F = \frac{4\pi \mu . n I}{10} \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.} \qquad 5.12$$

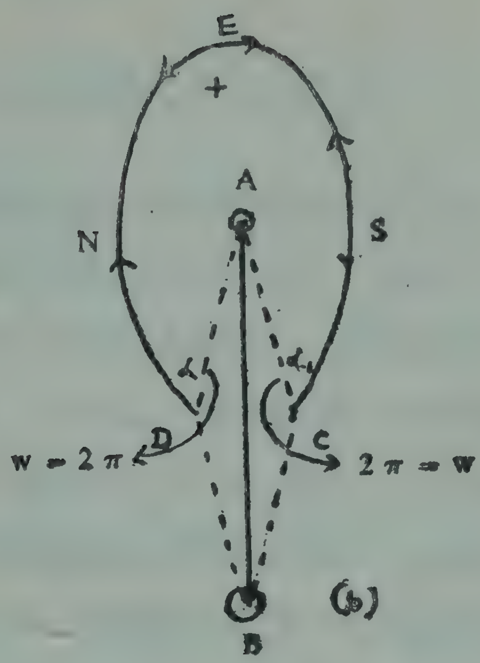
ಇಲ್ಲಿ n I = ಆಂಪಿಯರ್ ಸುತ್ತುಗಳು (ampere-turns). ತಂತಿಯುರುಳಿಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಉಪಕರಣಗಳ ನಿರ್ಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಉಪಯೋಗ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತಗಳು, ರಿಲೇ (relay) ಗಳು, ಟೆಲಿಫೋನ್ ರಿಸೀವರ್‌ಗಳು ಮುಂತಾದವು ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಉದಾಹರಣೆಗಳು.

5.6 ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪು - ಆಂಪೀಯರ್ ಪ್ರಮೇಯ

ಇದುವರೆವಿಗೂ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ಉಪಯುಕ್ತಾಂಶಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೂ ಅದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟವು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಲಾಪ್ಲಾಸ್ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಧಾನವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಗೊಂಡಿದ್ದೆವು. ಆದರೆ ಅದೇ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನೂ, ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ಸರಳರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಆಂಪಿಯರ್ (Ampere) ಕಲ್ಪಿಸಿದ ಒಂದು ಪ್ರಮೇಯವು ಸಹಕಾರಿಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ, ಅದು ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ಚಪ್ಪಟೆಯ ಕಾಂತದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವಂತೆ (very flat thin magnet) ಭಾವಿಸಬಹುದು, ಸುರಳಿಯ ವೃತ್ತದ ಆಕಾರದಲ್ಲಿರದೆ ಯಾವುದೇ ಆಕಾರವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೂ, ಈ ಕಲ್ಪನೆಯು ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಒಂದು ನಿಬಂಧನೆಯೇನೆಂದರೆ, ಸುರಳಿಯ ಪರಿಧಿಯು (boundary) ನಾವು ಕಲ್ಪನೆಮಾಡುವ ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪಿನ (magnetic shell) ಮೇರೆಗೆ ಸರಿಯಾಗಿರಬೇಕು. ಚಿತ್ರ (5.6) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ABC ಎಂಬ ಪೀನ ಆಕೃತಿಯ (convex) ಚಿಪ್ಪಿನ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ ಆದರ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನೆಲ್ಲಾ ಒಂದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳ ಒಂದು ವ್ಯೂಹ (net-work) ವನ್ನಾಗಿ ಗಣಿಸಬಹುದು. ಚಿಪ್ಪಿನ ಪರಿಧಿ (ABC) ಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಬಿಟ್ಟು ಉಳಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಅವುಗಳ ಕಾಂತೀಯ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ಶೂನ್ಯವಾಗುವವು. ಇದು ಚಿಪ್ಪಿನ ಎಲ್ಲ ಆಕೃತಿಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಎರಡು ಸುತ್ತುಗಳ ಒಂದು ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಅದೇ ಸುರಳಿಯ ಒಂದು ಸುತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕಿಂತ ಎರಡರಷ್ಟು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವನ್ನು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇದೇ ಪರಿಣಾಮ





ಚಿತ್ರ 5.6 ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ - ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪು - ಆಂಪಿಯರ್ ಪ್ರಮೇಯ

ವನ್ನೇ ಸಮಾನ ಕಾಂತೀಯ ಕವಚದ ಸತ್ವವನ್ನು (strength of the equivalent magnetic shell) ದ್ವಿಗುಣ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ನಾವು ತಿಳಿಯಬಹುದಾದ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವೂ ಆದಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪಿನ ಸತ್ವವೂ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಮಾಣಾನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತವೆ (proportional to each other).

ಇದನ್ನೇ ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು ಆಂಪಿಯರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಏಕಮಾನವನ್ನು ಆದಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ ಏಕಮಾನ ಸತ್ವದ ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪಿಗೆ ಸರಿಸಮಾನವಾಗಿರುವಂತೆ ವಿವರಿಸಿದನು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ರೇಖಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರಪೇಕ್ಷಮಾನ ವಿದ್ಯುತ್ (e.m.u.) ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಅದರಿಂದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಬಲವು ಏಕಮಾನ ಸತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪಿನಿಂದ [ಅದೇ ಪರಿಧಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಗಾಳಿಯಾಗಿರುವಾಗ] ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಬಲಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ i (c.g.s.) ಏಕಮಾನದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿದ್ದರೆ ಅದು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಘನಕೋನ ω ಗೆ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿರಲಿ. σ ಸತ್ವದ ಕಾಂತೀಯ ಚಿಪ್ಪಿನಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟ (potentital) ವು V ಆದರೆ, $V = \sigma\omega$. ಆಂಪಿಯರ್ ತತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ $\sigma = i$.
$\therefore V = i\,\omega$

ಆದ್ದರಿಂದ F = ಕಾಂತ ಬಲವಾದರೆ, $F = -\frac{dV}{dx}$

ಈ ವಿಧಾನದಿಂದಲೂ ಕಾಂತಬಲಗಳ ಲೆಕ್ಕಗಳನ್ನು ಮಾಡುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿದೆ. ಇದು ಅಷ್ಟು ಸರಳವಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೂ ಇದರಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಉಪಯುಕ್ತ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಆಂಪಿಯರ್ ಪ್ರಮೇಯ (Amperies theorem) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದರ ನಿರೂಪಣೆಯು ಹೀಗಿದೆ; i (e.m.u.). ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಸತ್ವದ ಧನಕಾಂತ ಧ್ರುವವನ್ನು ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಸುತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರಮಾಣವು $4\pi i$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳು. AB ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ [ಚಿತ್ರ 5.6 (ii)] ಒಂದು ಸುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು i (e.m.u.) ಆಗಿರಲಿ. ಇದರ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಎರಡು ಮುಖಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅದಕ್ಕೆ ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ C, D ಬಿಂದುಗಳು ಇರಲಿ. N ಮುಖದ ಕಡೆ ಅಭಿಮುಖ ಘನಕೋನವುADB (α_1),($+2\pi$ಎಂದೂ ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆ (S ಮುಖ) ACB (α_2) ಕೋನವು, 2π ಎಂದೂ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. (ವಿರೋಧ ನೇರದಲ್ಲಿ – ಚಿಹ್ನೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು).

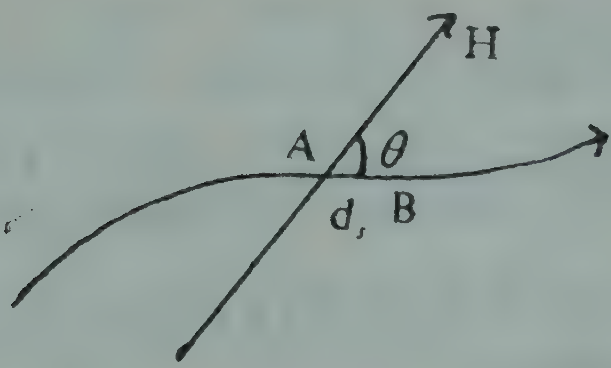
ಆದ್ದರಿಂದ D,C ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಟ್ಟಗಳು V_1, V_2 ಆದರೆ $V_1 = +2\pi i$, $V_2 = -2\pi i$.

ಆದ್ದರಿಂದ C ಬಿಂದುವಿನಿಂದ CED ಪಥದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕತಂತಿಯ ಸುತ್ತಲೂ D ಬಿಂದುವಿನವರೆಗೆ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ ಧನಧ್ರುವವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೋದರೆ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು $V_1 - V_2 = 2\pi i - (-2\pi i) = 4\pi i$ ಎರ್ಗ್. CED ಪಥದ ಆಕಾರವು ಹೇಗಾದರೂ ಇರಬಹುದು. C, D ಬಿಂದುಗಳು ತಂತಿಯ ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವುದರಿಂದ, ತಂತಿಯ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಸುತ್ತು ಮಾಡಿದಂತೆಯೇ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ಸೂತ್ರವನ್ನೇ ಸ್ವಲ್ಪ ವಿಸ್ತರಿಸಿದರೆ, ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿ, ಯಾವುದೇ ಆಕೃತಿಯ ಪಥದಲ್ಲಿಯಾದರೂ ಒಂದು ಘನಕಾಂತ ಧ್ರುವವನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕೊಂಡೊಯ್ದು ಮತ್ತೆ ಅದೇ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೇ ವಾಪಸ್ ಆಗಿಸಿದರೆ ಈ ಮುಚ್ಚಿದ ಪಥಕ್ಕೆ

$$\oint H \cos\theta . ds = 4\pi i \qquad 5.13$$

AB ಎಂಬುದು ಮುಚ್ಚಿದ ಪಥದ ಒಂದು ವಿಭಾಗವಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಉದ್ದವು



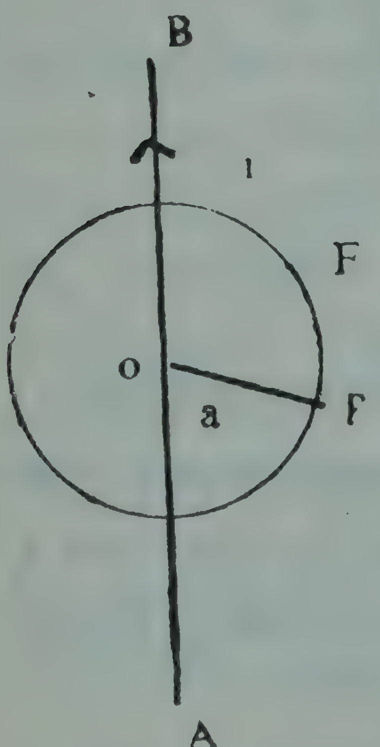
ಚಿತ್ರ 5.7

ds ಆಗಿಯೂ, A ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತಬಲವು H ಆಗಿದ್ದು ಅದರ ದಿಕ್ಕಿಗೂ *ds* ನೇರಕ್ಕೂ ಕೋನವು θ ಆದರೆ A ಬಿಂದುವಿನಿಂದ Bಗೆ ಹೋಗುವಾಗ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು H. Cos d θ. d s = dw (ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಸತ್ವದ ಧನ ಧ್ರುವವನ್ನು ಚಲಿಸುವಾಗ).

$$\therefore \text{ ಇಡೀ ಪಥಕ್ಕೆ (ಮುಚ್ಚಿದ) } M = \oint dw = \oint H\cos\theta \cdot ds = 4\pi i$$

ಇದು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಸೂತ್ರ. ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಎರಡು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

(i) ಉದ್ದವಾದ ರೇಖಾತ್ಮಕವಾದ ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ



ಚಿತ್ರ 5.8 ಉದ್ದ ತಂತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿಂದ ಕಾಂತಬಲ

AB (ಉದ್ದವಾದ ತಂತಿ) ಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು i ಆಗಿರಲಿ (e.m.s.). ಇದಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ *a* ದೂರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತಬಲವು F ಆಗಿರಲಿ, ಅಂದರೆ, ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲವು F ಡೈನ್‌ಗಳು. a ತ್ರಿಜ್ಯದ ಒಂದು ವೃತ್ತವನ್ನು ರಚಿಸಿ, ಇದರ ಪರಿಧಿಯಲ್ಲಿ ತಂತಿಯ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದಾವೃತ್ತಿ ಏಕಮಾನ ಧ್ರುವವನ್ನು ಕೊಂಡು ಒಯ್ದರೆ ಇದರ ಸಮತಲವು ತಂತಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದರಿಂದ,

ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕೆಲಸವು $F2\pi a$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳು ಆಂಪಿಯರ್ ಪ್ರಮೇಯದ ಪ್ರಕಾರ

$$F \cdot 2\pi \cdot a = 4\pi i$$

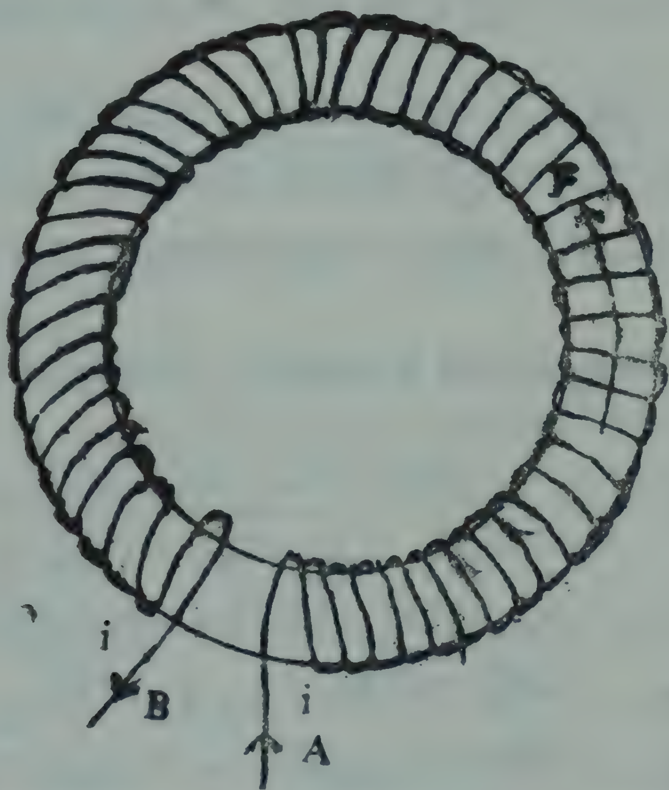
$$\therefore\ F = \frac{2\,i}{v} \qquad 5.14$$

I ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳಾಗಿದ್ದರೆ $F = \frac{2\,I}{10a} = \frac{I}{5a}$

ಇದೇ ಸೂತ್ರವನ್ನೇ ಲಾಪ್ಲಾಸ್ ಸೂತ್ರದಿಂದಲೂ ಹಿಂದೆಯೇ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಿದೆ (5.4 ಸಮೀಕರಣ).

(ii) ಉದ್ದವಾದ ತಂತಿಯುರುಳಿಯ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಬಲ

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿಯ ಸುತ್ತಲೂ ಹಲವಾರು ಸುತ್ತುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ತಂತಿಯನ್ನು ಸುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅದೇ ತಂತಿಯುರುಳಿ ಎನ್ನಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 5.9 : ತೆರಪಿಲ್ಲದ ಉಂಗುರಾಕೃತಿಯ ತಂತಿಯುರುಳಿ (endless solenoid)

ತೆರಪಿಲ್ಲದ (ಮುಚ್ಚಿದ) ಉಂಗುರದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಿರುವ (ಚಿತ್ರ 5.9) ತಂತಿಯುರುಳಿ (AB) ಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಒಂದು ಸೆಂ. ಮೀ. ಉದ್ದಕ್ಕೆ n ಸುತ್ತುಗಳಂತೆ ಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ತಂತಿಯುರುಳಿಯನ್ನು ಉಂಗುರ ಅಥವಾ ಬಳೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬಗ್ಗಿಸಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ತಂತಿಯುರಳಿಯ ಒಟ್ಟು ಉದ್ದ = l

ಇದರ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲದ ಪ್ರಾಬಲ್ಯವು F ಆಗಿರಲಿ.

ಈ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಧನ ಧ್ರುವ (ಏಕಸತ್ವ)ವನ್ನು ಬಳೆಯ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿದರೆ, ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು **F.l** ಎರ್ಗ್‌ಗಳು. ಹೀಗೆ ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಸುತ್ತನ್ನು ಮಾಡುವಾಗ, ಧನಧ್ರುವವು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಒಂದೊಂದು ತಂತಿಯ ಒಳಗಡೆಯಿಂದ ಹೊರಗಡೆಗೆ ಒಂದು ಸುತ್ತನ್ನು ಮಾಡಿ ದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಟ್ಟು ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು n l ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಧನಧ್ರುವವು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಸುತ್ತ n l ಸಾರಿ ಹೋದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಂದು ಸಾರಿಗೂ ಆಂಪಿಯರ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ $4\pi i$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಮಾಡಲ್ಪಡುವುದರಿಂದ ಒಟ್ಟು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು $4\pi i.\ nl$ಆಗುತ್ತದೆ.

$$\therefore \quad Fl = 4\pi ni.\ l$$
$$\therefore \quad F = 4\pi ni$$

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು I ಆಂಪಿಯರ್ ಆದರೆ $F = \dfrac{4\pi n\ I}{10}$

ಇದೇ ಸೂತ್ರವನ್ನು ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ಲಾಪ್ಲಾಸ್ ನಿಯಮದಿಂದಲೂ ಕಂಡು ಹಿಡಿದಿದ್ದಾಗಿದೆ. ಈ ಎರಡು ನಿದರ್ಶನಗಳಿಂದ ಆಂಪಿಯರ್ ಪ್ರಮೇಯದ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

5.7 ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಜ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ

ವರ್ತುಲಾಕಾರದ, ಹಲವಾರು ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸುವುದರಿಂದ ಆ ಸುರಳಿಯ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸುವಂತೆ ಒಂದು ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದೇವೆ (5.5 ಸಮೀಕರಣ). ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಬಲವನ್ನು ಅಳೆಯುವುದರ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇಂಥ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದುದು ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಜ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ. ಇದರ ರಚನೆಯನ್ನೂ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನೂ ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

ಕಾಂತೀಯ ಪರಿಣಾಮಗಳ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಅಳೆಯುವ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪ್ರಮುಖ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

1) ಚಲಿಸುವ ಕಾಂತ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕಗಳು (moving magnet galvanometer) ಇದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ತ್ರಿಜ್ಯದ

ಹಲವಾರು ಸುತ್ತುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ವರ್ತುಲಾಕೃತಿಯ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ, ಅದರ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುವ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕಾಂತಸೂಚಿಯ ಅಪ ಸಾರವನ್ನು ಅಳೆಯುವುದು. ಇದರಲ್ಲಿ ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯು ಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದು, ಕಾಂತ ಸೂಚಿಯು ಅಪಸಾರ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ಗುಂಪಿಗೆ ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಜ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕವು ಸೇರಿದೆ.

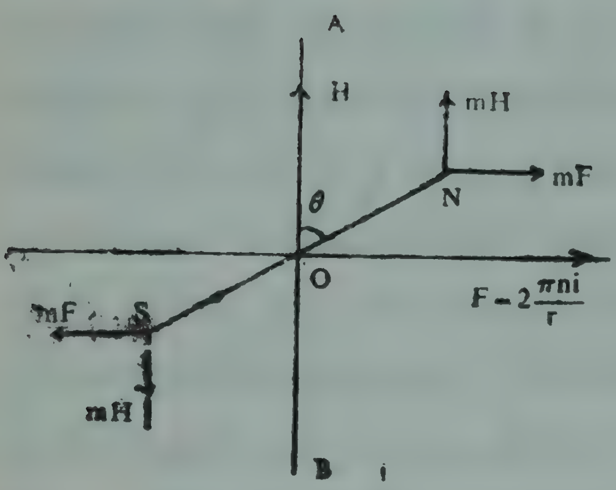
2) ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವ ಅಚಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ, ಆ ತಂತಿಯು ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಅದರ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಬಲದ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಚಲಿಸುವ–ಸುರುಳಿ–ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕಗಳು ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ (moving-coil galvanometer). ಇವೇ ಅಲ್ಲದೆ ಬೇರೆ ಮಾದರಿಯ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಮಾದರಿಯ ತತ್ತ್ವಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಜ್ ಮಾದರಿಯ ಉಪಕರಣದ ರಚನೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು

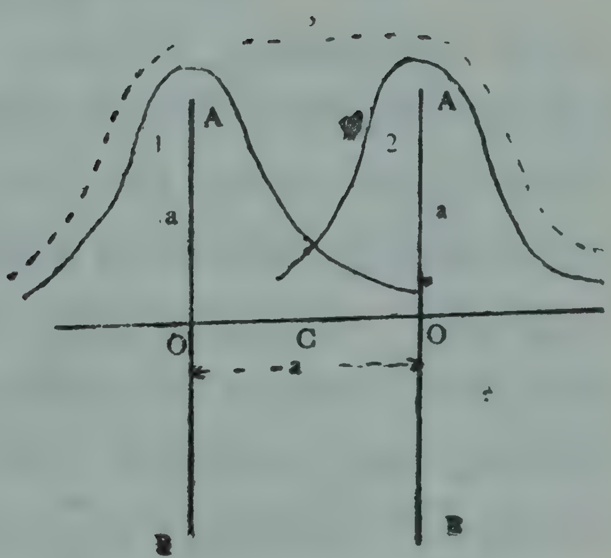
ಒಂದು ಸ್ಥಿರವಾದ ಆಧಾರ ತಲದ ಮೇಲೆ ಲಂಬವಾಗಿ, ಹೆಚ್ಚು ತ್ರಿಜ್ಯದ ವರ್ತುಲಾಕೃತಿಯ ತಂತಿಯ ಸುರುಳಿಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿ, ಅದರ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ದಿಕ್ಸೂಚಿ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಕಾಂತಸೂಚಿಯು ಸಣ್ಣದಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಕೇಂದ್ರವು ಲಂಬವಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುವ ಸುರುಳಿಯ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಸುತ್ತುಗಳಿದ್ದು ಅವರ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನು ಆಧಾರ ಸಮತಲದ ಮೇಲೆ ಬಂಧಿಸಿರುವ ಬಂಧಕ ತಿರುಪುಗಳಿಗೆ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಸುರಳಿಯ ಸಮತಲವನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತೀಯ ಮಧ್ಯರೇಖೆ (earth's magnetic meridian) ಯ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಮೌಲ್ಯದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ, ಇದರಿಂದ ಸುರಳಿಯ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾಂತಬಲ (F) ವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲವು ಸುರಳಿಯ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಬಲ (ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲ ಬಲ)ದ ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ, ಕಾಂತಸೂಚಿಯು θ ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಅಪಸಾರವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ.

F ಎಂಬುದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪರಿಣಾಮದ ಕಾಂತಬಲ. H = ಭೂಮಿಯ ಕ್ಷಿತಿಜಸಮತಲಬಲ



(i)



(ii)

ಚಿತ್ರ 5.10 ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಜ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ

θ = H ಬಲದ ನೇರದಿಂದ ಕಾಂತ ಸೂಚಿಯು ಅಪಸಾರ.
F,H ಗಳು ಲಂಬವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, $F = H \tan \theta$
ಆದರೆ O ಬಿಂದುಸುರಳಿಯ ಕೇಂದ್ರವಾಗಿರುವುದರಿಂದ

$$F = \frac{2\pi ni}{a}$$

n,s ಗಳು ದಿಕ್‌ಸೂಚಿಯ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳೆಂದರೆ n,s ಗಳಲ್ಲಿಯೂ, O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ F ಪ್ರಮಾಣವು ಇರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಸುರಳಿಯ ತ್ರಿಜ್ಯವು (a) ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು ಕಾಂತಸೂಚಿ (ns) ಯ ಉದ್ದವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರದಿದ್ದರೆ, ಮೇಲಿನ ಕಲ್ಪನೆಯಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟು ದೋಷವಿರಲಾರದು. ಆಗ [ಚಿತ್ರ 5.10(i)]

$$F = \frac{2\pi\ n\ i}{a} = H \tan \theta$$

$$i = \frac{aH}{2\pi\ n} \tan\ \theta$$

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು I ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳಾಗಿದ್ದರೆ,

$$I = \frac{10\ a\ H}{2\pi\ n}\ \tan \theta \qquad 5.16$$

ಇಲ್ಲಿ n = ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ತ್ರಿಜ್ಯ = a.

ಈ ಸರಳ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಸುರಳಿಯಿದ್ದು, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೂ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ ಕಾಂತಸೂಚಿಯು ಅತಿ ಸಣ್ಣದಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಕಾಂತಬಲವು (F) ಕೇಂದ್ರದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸುವುದು ಸರಿಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಸುರಳಿಯ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಬಲವು ಹೆಚ್ಚು ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಹೊಂದದೆ ಸಮರೂಪವಾಗಿ (uniform) ಇರುವುದೆಂದು ಕಂಡುಬರುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಸೂಚಿಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಜ್ ಎರಡು ಸಮಾಸಾಕ್ಷ ಸಮಾನಾಂತರ ಸುರಳಿಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಿದನು. ಈ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ [ಚಿತ್ರ 5.10 (ii)] AB, A'B' ಎಂದು ಗುರುತು ಮಾಡಿರುವ ಎರಡು ಸುರಳಿಗಳನ್ನು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಲಂಬ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಸುರಳಿಗಳೂ ಎಲ್ಲ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಮಾನವಾಗಿದ್ದು ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿದ್ದು ಒಂದೇ ಆಧಾರ ಸಮತಲದ ಮೇಲೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಈ ಸುರಳಿಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಅವುಗಳ ಅಂತರವು ಸುರಳಿಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಬೇರೆ ಸ್ತಂಭದಲ್ಲಿ ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ (horizontal plane) ಕಾಂತಸೂಚಿಯು ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯು ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಈ ಸೂಚಿಯ ಕೇಂದ್ರವು ಎರಡು ಸುರಳಿಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿದ್ದು ಅದಕ್ಕೂ ಎರಡು ಕೇಂದ್ರಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಅಂತರವು a/2 ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಎರಡು ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸುತ್ತಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಸುರಳಿಗಳು ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಆದರೆ, ಇವುಗಳನ್ನೂ ಶ್ರೇಣಿಯ ಮಾದರಿ (in series)ಯಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದರೆ, ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವುದರಿಂದ, ಒಂದೇ ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತ ಬಲದ ಎರಡರಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಎರಡು ಸುರಳಿಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಬಲವು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಚಿತ್ರ [5.10 (ii)] ವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

AB, A' B'ಗಳು ಎರಡು ಸಮಾನ ಸುರಳಿಗಳು. ಇವುಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯವು a ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸುರಳಿಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳು O,O'ಗಳಾಗಿದ್ದರೆ OO' ಇವುಗಳ ಅಕ್ಷದ ನೇರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ನೇರದ ಕೇಂದ್ರ C ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತಸೂಚಿಯು ಕೇಂದ್ರವು ಇರುವಂತೆ ಅದನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ.

$OO' = a \quad CO = CC' = a/2$

ಮೊದಲನೆಯ ಸುರಳಿ (AB)ಯಲ್ಲಿ I ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಚಲಿಸಿದರೆ, ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು (F) ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದುವ ರೀತಿಯನ್ನು (1) ವಕ್ರ ರೇಖೆಯು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಶೃಂಗವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯ ವಕ್ರರೇಖೆಯು (2) ಎರಡನೆಯ ಸುರುಳಿ (A'B')ಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಬಲಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ಮೊತ್ತ ಬಲದ ಚಿತ್ರವು 3 ವಕ್ರರೇಖೆಯ ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವುದೇನೆಂದರೆ, OO' ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ, C ಬಿಂದುವಿನ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ (ಅಂದರೆ, CO,CO'ಗಳ ಕಡೆ)ಒಟ್ಟು ಬಲವು ಸುಮಾರಾಗಿ ಸಮಾನ ಮೌಲ್ಯವನ್ನೇ ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಚಿತ್ರದ (3) ಮಧ್ಯಭಾಗವು ಚಪ್ಪಟೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, C ಬಿಂದುವಿನ ಎರಡು ಪಕ್ಕಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಟ್ಟು ಬಲವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸುವುದು ತಪ್ಪಾಗಲಾರದು.

ಈಗ, C ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ [ಅಂದರೆ, OC = a/2 = CO'] 1ನೇ ರೇಖೆಯ $\frac{dF}{dx}$ ಮತ್ತು ಎರಡನೆ ರೇಖೆಯ $\frac{dF}{dx}$ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು, ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ, ಇವುಗಳ ಒಟ್ಟು ಮೌಲ್ಯವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅದರೆ, ಎರಡು ಸುರಳಿಗಳಿಳಿಂದಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಒಟ್ಟು ಬಲವು ಮಾತ $F + F = 2F$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಈಗ, ಸುರಳಿಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಇರುವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ (C) $x = a/2$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, $\frac{d^2F}{dx^2} = O$ ಆಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ತೋರಿಸಬಹುದು. $\frac{d\,F}{d\,x} =$ ನಿಯತಾಂಕವಾಗಿ $\frac{d^2F}{dx^2} = O$ ಎಂದು ತೋರಿಸಬೇಕು.

n ಸುತ್ತುಗಳ ಮತ್ತು ತ್ರಿಜ್ಯದ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ i ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಈ ಸುರಳಿಯ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ $x = a/2$ ದೂರದಲ್ಲಿ

$$\frac{d^2F}{dx^2} = O$$ ಎಂದು ತೋರಿಸಬೇಕು.

5.5 ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ

$$F = \frac{2\pi nia^2}{(a^2+x^2)3/2} = \frac{A}{(a^2+x^2)\,3/2}$$ ಆಗಿರಲಿ. $A = 2\pi nia^2$

$$\frac{dF}{dx} = A \times -3/2 \times 2x \, (a^2+x^2)^{-5/2}$$

$$\frac{d^2F}{dx^2} = A \left\{ -3 \left[(a^2+x^2)^{-5/2} - 5x^2 (a^2+x^2)^{-7/2} \right] \right\}$$

$$\frac{d^2F}{dx^2} = O$$ ಆಗಬೇಕಾದರೆ,

$$(a^2+x^2)^{-5/2} = 5x^2 \, (a^2+x^2)^{-7/2}$$

$$5x^2 = (a^2+x^2)$$

$$a^2 = 4x^2$$

$$x = \pm \, a/2$$

ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ $x = + a/2$ ಸಮಂಜಸವಾದುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಈ ಬಿಂದುವು O, O'ಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ಉಪಕರಣದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ.

ಈ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಎರಡು ಸಮತಲಗಳು ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಮಧ್ಯರೇಖೆಯ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡ ಬೇಕು. ಇವುಗಳು ಶ್ರೇಣಿಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿರುವುದರಿಂದ.

ಒಟ್ಟು ಬಲವು $F' = 2F$

$$\therefore F' = 2 \times \frac{2\pi n i a^2}{(a^2+x^2)^{3/2}} \qquad 5.17$$

ಇದರಲ್ಲಿ $x = a/2$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ

$$F = \frac{4\pi n i a^2}{\left(a^2+\frac{a^2}{4}\right)^{3/2}} = \frac{32\pi n i}{5\sqrt{5}\, a}$$

$F' = H \tan\theta$ ಆದ್ದರಿಂದ

$$\frac{32\pi n i}{5\sqrt{5}\, a} = H \tan\theta$$

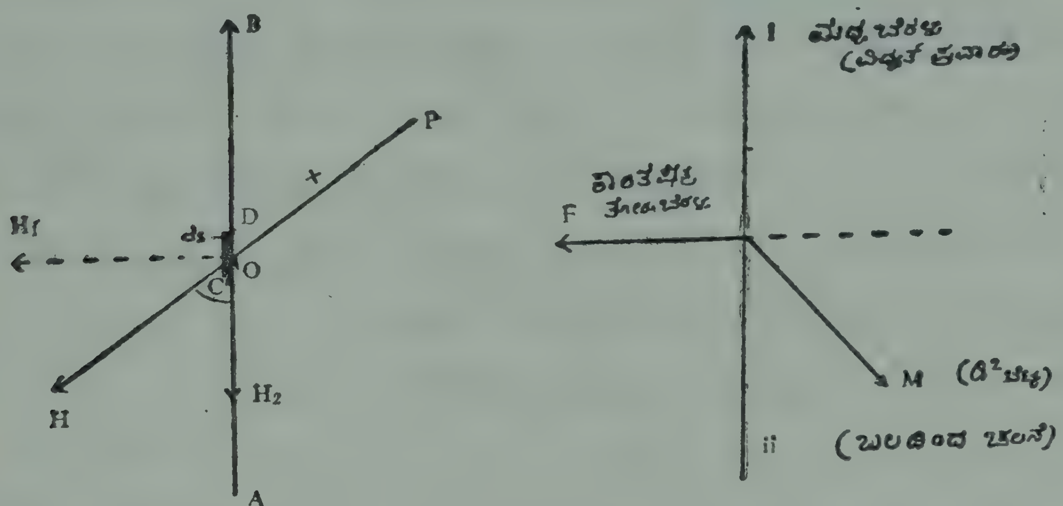
$$i = \frac{5\sqrt{5}.\ a.\ H}{32\pi n} \tan\ \theta\ \ (\text{e.m.u.})$$

ಇದು I ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಮನಾದರೆ

$$I = \frac{50\sqrt{5}\ a}{32\pi n}\ H\ \tan\ \theta\ (\text{ಆಂಪಿಯರ್}) \qquad 5.18$$

5.8 ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವುದರಿಂದ ಆ ವಾಹಕದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲ.

ಚಲಿಸುವ ಸುರಳಿ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ (moving-coil galvanometer) ದ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಮೂಲತತ್ವವನ್ನು ಈಗ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ.



(i) (ii)

ಚಿತ್ರ 5.11 ಫ್ಲೆಮಿಂಗ್ ಎಡಗೈ ಹೆಬ್ಬೆಟ್ಟು ಸೂತ್ರ

A B ಎಂಬ ನೇರವಾಗಿರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ AB ನೇರದಲ್ಲಿ i (e.m.u.) ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡಲಿ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನೂ ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು. ಲಾಪ್ಲಾಸ್ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಸುತ್ತಲೂ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಕಾರಣದಿಂದ P ಎಂಬ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

CD ಎಂಬುದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗವಾಗಿದ್ದು CD = ds (ಸೆಂ.ಮೀ.) ಆಗಿರಲಿ. ಇದರ ಕೇಂದ್ರವು O ಆಗಿದ್ದು,

$OP = r$ ಮತ್ತು $POD = \theta$ ಆಗಿರಲಿ.

ಲಾಪ್ಲಾಸ್ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತಬಲವು dF ಆದರೆ.

$dF = \dfrac{i\ ds\ \text{Sin}\ \theta}{r^2}$ [ds, OPಯು ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬಸೇರದಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರದ ತಲಕ್ಕೆ ಒಳಗಡೆ]

ಈ ಬಲವು ಯಾವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಈಗ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ m ಸತ್ವದ ಒಂದು ಧನಕಾಂತ ಧ್ರುವವಿರುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸೋಣ ಆ ಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲವು

$$m.dF = \frac{m.\ i.\ ds.\ \text{Sin}\ \theta}{r^2} \quad \text{(ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಒಳಗಡೆ)} \qquad 5.19$$

m ಧ್ರುವವು ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ, ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಒಂದು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ *ds* ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ವಿಭಾಗವು (current-element) ಇರುವುದರಿಂದ, ಅದರ ಮೇಲೆ m ಧ್ರುವವು ಒಂದು ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗಿದ್ದು, ಇದು ನ್ಯೂಟನ್ ಮೂರನೆ ನಿಯಮ-ವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಬೇಕು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ. ಕ್ರಿಯೆ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸಮಾನ ಮೌಲ್ಯಗಳಾಗಿದ್ದು, ವಿರೋಧ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಇರಬೇಕು. ಈ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ. *ds* ವಿಭಾಗದ ಮೇಲೆ ಏರ್ಪಡುವ ಬಲವೂ ಕೂಡ

$\dfrac{m}{r^2}\ i.\ ds.\ \text{Sin}\ \theta$ (ಡೈನ್) ಆಗಿದ್ದು, ಇದರ ನೇರವು ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಹೊರಗಡೆಯಾಗಿರಬೇಕು.

m ಧ್ರುವದಿಂದ, O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಬಲವು H ಆದರೆ.

$H = \dfrac{m}{\mu r^2}$ (μ = ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆ ಗುಣಾಂಕ)

$\therefore$ *ds* ವಿಭಾಗದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲವು

$$\frac{m}{\mu r^2}\ \mu.\ i.\ ds.\ \text{Sin}\ \theta = \mu\ H.\ i.\ ds.\ \text{Sin}\ \theta$$

$$= B\ i.\ ds.\ \text{Sin}\ \theta \ \text{(ಡೈನ್‌ಗಳು)}$$

(ಚಿತ್ರ ಸಮತಲದ ಹೊರಗಡೆ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ) 5.20

ds ಗೆ ಬದಲಾಗಿ l ಸೆಂ. ಮೀ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕವಿದ್ದು, ಅದು ಸಮ ರೂಪ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಬಲವು μ.H.i.l. Sin θ ಆಗುತ್ತದೆ.

O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ H ಬಲವನ್ನು ds ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ, ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ ಎರಡು ಅಂಗಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದರೆ,

ds ನೇರದಲ್ಲಿ $H_2 = H \cos\theta$ ಇದು ಯಾವ ಚಲನೆಯನ್ನೂ ಉಂಟು ಮಾಡಲಾರದು. *ds*ಗೆ ಲಂಬನೇರದಲ್ಲಿ$H_1 = H \text{ Sin } \theta$ [ಚಿತ್ರ 5.11 (i)]

ಆದ್ದರಿಂದ $dF = \mu.H_1.i.ds.$ [H_1 ಎಂಬುದು d s ಗೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿರುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ]. (ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಹೊರಗಡೆ)

ಆದ್ದರಿಂದ 1 ಸೆಂ. ಮೀ. ಉದ್ದದ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ *i* (e.m.u.) ಪ್ರಮಾಣವಿದ್ದು. ಅದು H_1 ಎಂಬ ಸಮರೂಪ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇದ್ದರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವುದು. ಇದು

$F = \mu.\ H_1 i.l$ (ಡೈನ್)

$F = B.i.l$ (ಡೈನ್) $[B = \mu H]$ 5.21

(M.K.S. ಮಾನದಲ್ಲಿ F = BIl ನ್ಯೂಟನ್)

ಆಗಿದ್ದು ಇದರ ನೇರವು l ಮತ್ತು H ಗಳ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದು ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಮೇಲುಗಡೆ (upward) ಇರುತ್ತದೆ. (B = ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆ). ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವನ್ನು ನಾವು ಗಮನಿಸಬೇಕಾಗಿರುವುದು. ಏನೆಂದರೆ, ಈ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ μ ಅಥವಾ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪಕ ಗುಣಾಂಕವಿರುತ್ತದೆ. ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ $\mu = 1$ ಆದರೆ, ಲಾಪ್ಲಾಸ್ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ (5.19) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಅವಲಂಬನೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. $i.H_1$ ಮತ್ತು F ಗಳ ನೇರಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದು, ಇವುಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಲು ಫ್ಲೆಮಿಂಗ್ ಎಡಗೈ ಹೆಬ್ಬೆಟ್ಟು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ, ಹೆಬ್ಬೆಟ್ಟು, ತೋರುಬೆರಳು, ಮಧ್ಯ ಬೆರಳು (Thumb, Fore-finger, Middle Finger) ಚೆನ್ನಾಗಿ ಬಿಚ್ಚಿ ಹಿಡಿದುಕೊಂಡರೆ, ಮಧ್ಯ ಬೆರಳು (ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ (i) ವನ್ನೂ ತೋರು ಬೆರಳು ಕಾಂತಬಲ (F) ದ ನೇರವನ್ನೂ ತೋರಿಸಿದರೆ, ಹೆಬ್ಬೆಟ್ಟು ಇವುಗಳೆರಡಕ್ಕೂ ಲಂಬವಾಗಿರುವಂತೆ ಚಲನೆ (Motion) ಯನ್ನೂ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ

[5.10 (ii)]ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಅಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಕ್ಕೆ ಚಲನೆಯ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯ ವಿದ್ದರೆ,

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು I ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳಾದರೆ

$$F = \frac{\mu . H. I. l}{10} \text{ ಡೈನ್‌ಗಳು} \qquad 5.22$$

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು e ಆಗಿರಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು (i) ಏರ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಅಂದರೆ, ಇದರ ನಿಜವಾದ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಸ್ವತಂತ್ರ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು i ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ನೇರಕ್ಕೆ ವಿರೋಧ ನೇರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ಮೌಲ್ಯವು q·e.s.u ಆಗಿದ್ದು, ಅದು H ಮೌಲ್ಯದ (ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟಡ್) ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತ t ಸೆಕೆಂಡ್‌ಗಳಲ್ಲಿ l ಸೆಂ.ಮೀ. ಚಲಿಸಿದರೆ,

ಅದರ ವೇಗವು $v = \frac{l}{t}$ $t = \frac{l}{v}$

ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಕಣದ ಚಲನೆಯಿಂದ ಏರ್ಪಡುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು i ಆದರೆ,

$$i = \frac{q}{t} \text{ (ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಚಲನೆಯ ದರ)}$$

$$\therefore i = \frac{q.v}{l} \text{ ಅಥವಾ } q.v = il.$$

ಇಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು e ಆದರೆ, $e = q$

$$ev = il$$

ಆದ್ದರಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲವು 5.21 ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ

$$F = \mu .H.i.l$$

$$F = \mu .H.e.v = B.e.v. \qquad 5.23$$

e ಕೂಲಾಂಬ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ. B ಗೌಸ್‌ನಲ್ಲಿಯೂ ಇದ್ದರೆ

$$F = \frac{Bev}{10} \text{ (e ಕೂಲಾಂಬ್)} \qquad 5.24$$

ಆದರೆ 1 ಕೂಲಾಂಬ್ $= 3 \times 10^9$ e.s.u $= \frac{1}{10}$ .c(e.s.u.) ($c = 3 \times 10^{10}$ ಸೆಂ. ಮೀ. / ಸೆಕೆಂಡ್-ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ)

$$F = \frac{B.\ e.\ v.}{c} \text{(e. e. s. u. ಮಾನದಲ್ಲಿ)} \qquad 5.25$$

5.9 ತೂಗು-ಸುರಳಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ

ಇದುವರೆಗೂ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ಮುಖ್ಯ ತತ್ವದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬಲ್ಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕಗಳು ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಇವುಗಳ ರಚನೆಯನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಸೂಕ್ತ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಮಾಡುವುದರ ಮೂಲಕ ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕಗಳೂ (ammeters) ಮತ್ತುವೋಲ್ಟ್ ಮಾಪಕಗಳೂ (voltmeters) ತಯಾರುಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಈ ಉಪಕರಣಗಳ ಮೂಲಕ ನೇರವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಗಳನ್ನೂ ಸುಲಭವಾಗಿ ಸೂಚಿಗಳ ಮೂಲಕ ಅಂಪಿಯರ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಓದಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ರಚನೆಯ ತತ್ವ

ಆಯಾಕೃತಿ ಅಥವಾ ವರ್ತುಲಾಕೃತಿಯ ಹಲವಾರು ಸುತ್ತುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಸುರಳಿಯನ್ನು ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ (ಸ್ಥಿರಕಾಂತ)ದ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಫಾಸ್ಫರ್ ಬ್ರಾಂಸ್ (phosphor - bronze) ವಸ್ತುವಿನ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ತೂಗು ಹಾಕಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ.

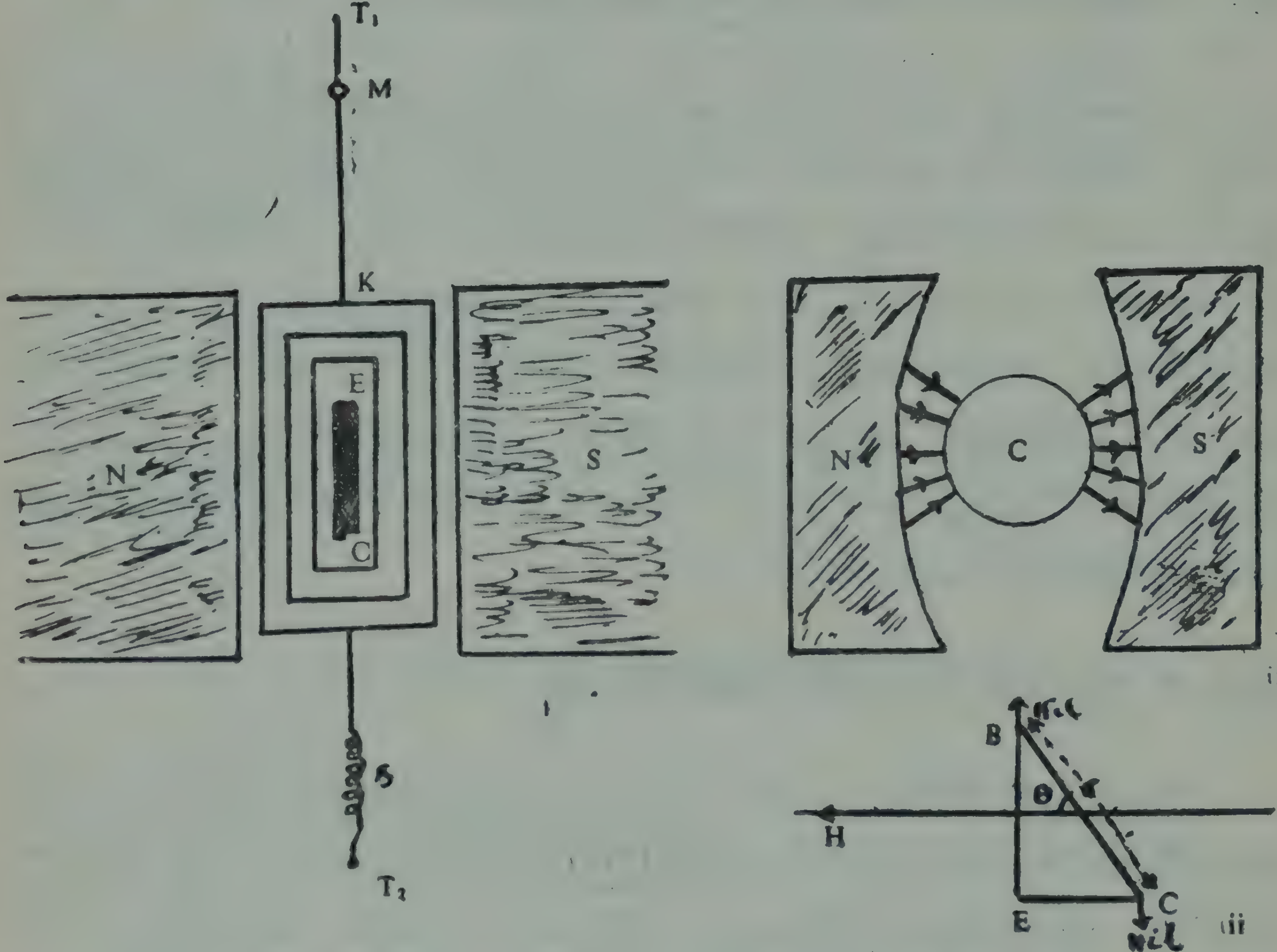
ಈ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಮಾಣದ (I) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ, ಆ ತಂತಿಯು ಒಂದು ಬಲಯುಗ್ಮ (C)ದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು (I) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಬಲಯುಗ್ಮದಿಂದ, ಸುರಳಿಯು ಭ್ರಮಣ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ತೂಗುತಂತಿಯ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಗುಣಗಳ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ, ಅದರ ವ್ಯಾವರ್ತನ

(torsion)ದ ಫಲವಾಗಿ ತಿರುಚಿಗೆ ವಿರೋಧವಾಗಿ (untwisting) ಬಲಯುಗ್ಮವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಫಲವಾಗಿ, ಸುರಳಿಯು ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಒಂದು ಸಮಸ್ಥಿತಿ (equilibrium)ಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. θ ಕೋನವು ಸುರಳಿಯು ಅಪಸಾರ (deflection) ವಾದರೆ.

$$I \propto \theta \qquad 5.26$$

ಈ ಸರಳ ಸಂಬಂಧದಿಂದ θ ಕೋನದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅಳೆಯುವುದರ ಮೂಲಕ ಅದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ (I) ಪ್ರಮಾಣವು ಗೊತ್ತಾದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಈಗ ಈ ಉಪಕರಣದ ರಚನೆಯ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಿಂದ ಕಾಣಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ರಚನೆ



ಚಿತ್ರ 5.12 ತೂಗು-ಸುರುಳಿ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ

K ಹಲವಾರು ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ತಂತಿಯ ಸುರುಳಿ. ಇದು ಆಯಾಕೃತಿ [ಚಿತ್ರ (i)] ಆಗಲಿ ಗೋಳಾಕೃತಿಯಾಗಲಿ ಇದ್ದು, ವಿದ್ಯುತ್ ಅವಾಹಕ ಆವರಣದಿಂದ ಮುಚ್ಚಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದು (insulated), ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ತಾಮ್ರ ಅಥವಾ ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ ಚೌಕಟ್ಟಿನ ಮೇಲೆ ಸುತ್ತಲ್ಪಟ್ಟಿರಬಹುದು.

P ಈ ಸುರುಳಿಯನ್ನು P ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ತೂಗು ತಂತಿಯಿಂದ ನೇತು ಹಾಕಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. P ತಂತಿಯು ಫಾಸ್‌ಫರ್ ಬ್ರಾನ್‌ಜ್ (phosphor-bronze)ವಸ್ತು ವಿನಿಂದ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಅದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ತಂತಿಯಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ಅದರ ಮೂಲಕ K ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತದೆ. P ತಂತಿಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ T_1 ಎಂಬ ಬಂಧಕ ತಿರುಪಿಗೂ, ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ s ಎಂಬ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್ ಮೂಲಕ, T_2 ಬಂಧಕ ತುದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಆದುದರಿಂದ T_1,T_2 ಗಳನ್ನೂ ಹೊರಗಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ, ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು K ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. NS: ಇವುಗಳು ಒಂದು ಪ್ರಬಲವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಬಲ್ಲ. ಶಾಶ್ವತ ಆಯಸ್ಕಾಂತದ ಧ್ರುವ ಗಳು. ಚಿತ್ರ (i)ದಲ್ಲಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಚಪ್ಪಟೆಯಾಗಿ ತೋರಿಸಿದರೂ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಇವುಗಳು ಕೊರೆಯಲ್ಪಟ್ಟು ನಿಮ್ನವಾಗಿದ್ದು, ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ (ii)ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, C ಎಂಬ ಮೆದು ಕಬ್ಬಿಣ ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯನ್ನೂ NS ಗಳ ನಡುವೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಿದ್ದು, ಇದಕ್ಕೂ ಧ್ರುವಗಳಿಗೂ ನಡುವೆ ಇರುವ ಉಂಗುರಾಕೃತಿಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ(annular space)ತಂತಿ ಸುರಳಿಯು ಸುಲಭವಾಗಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಅವಕಾಶ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನೂ ಚಿತ್ರ (iii) ವಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದರ ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶವೇನೆಂದರೆ : ತಂತಿ ಸುರುಳಿಯು ಸುತ್ತುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲರೇಖೆಗಳು ತ್ರಿಜ್ಯದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ (radial) ಇರುತ್ತವೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಸುರುಳಿಯು ಸುತ್ತುವಾಗ, ಎಲ್ಲ ಸ್ಥಾನ ಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಅದರ ಸಮತಲವು ಸಮರೂಪದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಸಮಾನಂತರ ವಾಗಿಯೇ ಇರುವಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ, ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು, ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಸಮರೂಪ ಕಾಂತಬಲದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುವ ತಂತಿ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಏರ್ಪಡಿಸಿದರೆ, ಆ ಸುರಳಿಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಬಲಯುಗ್ಮವು ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿ, ಸುರಳಿಯು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದರ ಅಪಸಾರವನ್ನು (θ) ಅಳೆಯಲು ಸುರಳಿಯ ತೂಗು ತಂತಿಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ದರ್ಪಣ (M) ವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬಳಸುವ ದೀಪ-ಸ್ಕೇಲ್ (lamp and scale) ವಿಧಾನದಿಂದ, ದರ್ಪಣದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ಮೂಲಕ ಅಪಸಾರ ಕೋನವನ್ನು ಸ್ಕೇಲ್ ಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸುವ ಬೆಳಕಿನ ಸೂಚಿ (spot of light) ಯ ಪಲ್ಲಟದಿಂದ ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು.

ಉಪಕರಣದ ಕ್ರಿಯಾ ಪ್ರವೃತ್ತಿ

ಸುರಳಿಯು ಆಯಾಕೃತಿಯಾಗಿರುವುದಾಗಿ ಮೊದಲು ಭಾವಿಸೋಣ [ಚಿತ್ರ (i)]. ಅದರ ಲಂಬ ಉದ್ದವು l ಆಗಿಯೂ, ಅಡ್ಡ ಅಳತೆಯು b ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದು

H = ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ

i = ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಪ್ರಮಾಣ (e.m.u.)

k = ತೂಗುತಂತಿಯ ತಿರುಚು ಬಲಯುಗ್ಮ (ಒಂದು ಏಕಮಾನ ತಿರುಚಿಗೆ)

θ = ಸುರಳಿಯ ಸಮತಲಕ್ಕೂ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲಕ್ಕೂ ಇರುವ ಕೋನ ಪ್ರಮಾಣ ಅಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಸುರಳಿಯ ಅಪಸಾರಕೋನ

A = ಸುರಳಿಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ

ಮೊದಲು, ಸುರಳಿಯ ಸಮತಲವು H ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಸಮಾನಂತರವಾಗಿರುವಾಗ, ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ i ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವಾಗ, ಲಂಬ ಪಾರ್ಶ್ವಗಳ ಮೇಲೆ ಬಲ ಪ್ರಮಾಣವು Hil. ಇದು H ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ 5 12 (iii) – ಇವುಗಳೆರಡೂ ಒದು ಬಲಯುಗ್ಮದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತ, ಸುರಳಿಯನ್ನು ಭ್ರಮಣಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ [ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲ ಪಾರ್ಶ್ವಗಳ ಮೇಲೆ, Hಗೆ ಸಮನಾಂತರವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಬಲಪ್ರಯೋಗವಿಲ್ಲ]. ಆದ್ದರಿಂದ, ಈ ಬಲಯುಗ್ಮದ ಮಹತ್ವವು Hilb = HAil (A ≐ lb) = C

n ಸುತ್ತುಗಳಿದ್ದರೆ, ಒಟ್ಟು ಬಲಯುಗ್ಮದ ಮಹತ್ವ = AinH.

ಸುರುಳಿಯು ಸುಲಭವಾಗಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಲು ಅವಕಾಶವಿರುವಾಗ, ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಬಲಯುಗ್ಮವನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುವಂತೆ ತೂಗುತಂತಿಯ ತಿರುಚಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸುವ ಬಲಯುಗ್ಮವಿರುತ್ತದೆ.

ಈಗ H ಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳು ಸಮರೂಪವಾಗಿದ್ದು, ಸುರಳಿಯ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿ, ಅದರ ಸಮತಲವೂ H ಕ್ಷೇತ್ರವೂ θ ಕೋನವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಬಲಯುಗ್ಮವು

C = Hil-b $\cos\theta$ [ಚಿತ್ರ (C)ದಲ್ಲಿ CE = AC. $\cos\theta$ = b $\cos\theta$]

= AiH $\cos\theta$ (ಒಂದು ಸುತ್ತಿಗೆ)

= AniH $\cos\theta$ (n ಸುತ್ತುಗಳಿಗೆ) 5.26

ಅಂತಿಮ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಬಲಯುಗ್ಮವೂ, ತೂಗು ತಂತಿಯ ತಿರುಚು ಬಲಯುಗ್ಮವೂ ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿದ್ದು, ಸಮ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು.

ಆದ್ದರಿಂದ $C = AniH \cos\theta = K\theta$ [$\theta = 1$ ಆದರೆ ತಿರುಚು ಬಲಯುಗ್ಮ $= K$]

$$\because \quad i = \frac{K}{AnH} \quad \frac{\theta}{\cos\theta} = K^1 \frac{\theta}{\cos\theta} \qquad 5.27$$

ಇಲ್ಲಿ $\frac{\theta}{\cos\theta}$ ಎಂಬುದು ಸರಳವಾದ ಪದನಿಷ್ಪತ್ತಿ (expression) ಯಾಗಿರದೆ ಬಹಳ ಕ್ಲಿಷ್ಟರೂಪದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸರಳಗೊಳಿಸಬೇಕಾಗುವ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ

ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರ 5.12 (i) ಮತ್ತು (ii)ನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು. ಚಿತ್ರ (i) ರಲ್ಲಿರುವಂತೆ, N-S ಧ್ರುವಗಳು ಚಪ್ಪಟೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, ಸುರುಳಿಯು ಸುತ್ತುವಾಗ ಅದರ ಸಮತಲವೂ H ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಹೊಂದಿರುವ ಕೋನವೂ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ 5.27 ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸುವ ಸಲುವಾಗಿ, ಚಿತ್ರ (ii) ರಲ್ಲಿರುವಂತೆ, ಕಾಂತಧ್ರುವಗಳ ಆಕೃತಿಯನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕು.

(i) N – S ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಕೊರೆದು ನಿಮ್ನಾಕೃತಿ (concave)ಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು.

(ii) C ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಮೆದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಗೋಳಾಕೃತಿಯನ್ನು N – S ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಿ, ಸುರಳಿಯನ್ನು ಗೋಳಾಕೃತಿಯನ್ನಾಗಿಯೇ ಮಾಡಿ ಅದು C ಮತ್ತು ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು.

(iii) ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, H ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲರೇಖೆಗಳು ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿರದೆ, ತ್ರಿಜ್ಯ ಮುಖ (radial) ಗಳಾಗುತ್ತವೆ.

ಹೀಗಾಗುವುದರಿಂದ, ಸುರಳಿ ತಂತಿಯು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವಾಗ, ಅದು ಎಲ್ಲ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಮರೂಪದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವಂತಾಗಿ, ಸಮತಲವು ಯಾವಾಗಲೂ H ಸಮತಲದಲ್ಲಿಯೇ ಇದ್ದಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ $H \cos\theta$ಗೆ ಬದಲು ಯಾವಾಗಲೂ H ಇರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ

$$Ani\,H = C = K\theta$$

$$i = \frac{K}{AnH} \cdot \theta = K^1 \theta \qquad 5.28$$

ಈ ಸರಳ ಸಂಬಂಧವು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ ಅಂದರೆ i_1, i_2 ಪ್ರವಾಹಗಳಿಗೆ θ_1, θ_2ಗಳು ಅಪಸಾರವಾದರೆ

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{\theta_1}{\theta_2} \qquad 5.29$$

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ದ್ವಿಗುಣವಾದರೆ, ಅಪಸಾರವೂ ದ್ವಿಗುಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ, ಎಲ್ಲ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಚಿತ್ರ (5.12 (ii))ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆಯೇ ಕಾಂತ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆ (current sensitivity) $= \theta/i = \frac{AnH}{K}$

ಅಂದರೆ, ಅಪಸಾರ ಕೋನವನ್ನು (θ) ಅಳೆಯಲು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ತೂಗು ತಂತಿಗೆ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ದರ್ಪಣದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿಯನ್ನು ಅಳೆಯುವಂತೆ, ದರ್ಪಣಕ್ಕೆ 1 ಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಳತೆ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದರ ಮೇಲೆ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ಗೆರೆಯೊಂದರ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಅಳೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಂಪ್ರದಾಯದಲ್ಲಿ 1 ಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಅಳತೆ ಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಮೈಕ್ರೋ ಆಂಪಿಯರ್ (micro ampere $= 10^{-6}$ ಆಂಪಿಯರ್) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪರಿಣಾಮದಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ಗೆರೆಯು ಎಷ್ಟು ಮಿ. ಮೀ. ದೂರ ಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸುವುದೇ ಪ್ರವಾಹ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ಅಳತೆಯನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ವಿಧದಲ್ಲಿಯೂ ಸೂಚಿಸಲು, "ಗುಣದ ಅಂಕ" (figure of merit) ವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಲಾಗುವುದು.

ಇದು $\frac{i}{\theta} = K^1$(5.28 ಸಮೀಕರಣ) 5.31

1 ಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಅಳತೆ ಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲೆ 1 ಮಿ. ಮೀ. ದೂರ ಬೆಳಕಿನ ಗೆರೆಯ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಲು ಬೇಕಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ (ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಮೈಕ್ರೋ ಆಂಪಿಯರ್)ದ ಪ್ರಮಾಣವೇ 'ಗುಣದ ಅಂಕ' ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ, ಇದನ್ನು ಅಳೆಯಲು θ/i ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಇದು ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟೂ ಉಪಕರಣದ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

5.30 ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ $\frac{\theta}{i} = \frac{AnH}{K}$

ಇದನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಮಾಡಲು ಮೂರು ಮಾರ್ಗಗಳಿವೆ.

(i) A ಮತ್ತು n : ಇವುಆದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು, ಅಂದರೆ, ಸುರುಳಿಯ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಆಯದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಆದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಮಿತಿ ಇದೆ. ಸುರಳಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧ, ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಮತ್ತು ಜಡತೆಯ ಮಹತ್ವ (moment of inertia) ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಕೂಡದು

(ii) H ಕೋಬಾಲ್ಟ್ ಉಕ್ಕಿನ ಪ್ರಬಲ ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ ಬಹಳ ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಬಹುದು. ಹೊರಗಡೆಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಿ, H ಪ್ರಮಾಣವು ಬದಲಾಯಿಸದೆ ಇರಲು, ಉಪಕರಣವನ್ನು ಒಂದು ಮೆದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಕವಚ (shell)ದಿಂದ ಆವರಿಸ ಬೇಕಾಗುವುದು.

(iii) K: ಇದು ಆದಷ್ಟು ಕಡಮೆ ಇರಬೇಕು.ಬಹಳ ನಾಜೂಕಾದ, ದುರ್ಬಲ ತಂತುವನ್ನು ತೂಗು ತಂತಿಯನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಆದರೆ, ಈ ತಂತುವಿಗೆ, ಇಡೀ ಸುರಳಿಯ ತೂಕವನ್ನು ತಡೆಯುವ ಶಕ್ತಿ ಇರಬೇಕು. ಬೆಣಚಿನ (fused quartz) ತಂತಿಗೆ ಈ ಗುಣಗಳಿರುತ್ತವೆ.K ಪ್ರಮಾಣವು ಅತಿ ಕಡಿಮೆಯಾದರೆ, ತಂತುವಿನ ಆಂದೋಳನದ ಆವರ್ತಕಾಲವು (free period of oscillation) ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗದಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ಚಲಿಸುವ ಸುರಳಿಯ ಮಾದರಿ ಮಾಪಕಗಳ ಕೆಲವು ವಿಶೇಷ ಗುಣಗಳು

(1) ಸಾಮಾನ್ಯಚಲ ಕಾಂತ ಮಾದರಿಯ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ ಈ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ತಲದಲ್ಲಿ ಇರಬೇಕೆನ್ನುವ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿಲ್ಲ.

(2) ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲವನ್ನಾಗಲಿ, ಇತರ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಂದಾಗಲಿ, ಇವುಗಳಿಗೆ ತೊಂದರೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

(3) ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ತ್ರಿಜ್ಯಮುಖ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ (radial field) ಇರುವುದರಿಂದ $i \propto \theta$ ಆದರೆ, ಚಲ ಕಾಂತ ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿ $i \propto \tan\theta$

ನಿಖರತೆಯನ್ನೂ ಗಮನದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಇವುಗಳನ್ನು ಎಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಳತೆಗಳಿಗಾದರೂ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. 10^{-9} ಆಂಪಿಯರ್ ಪ್ರಮಾಣದ ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಕಡಮೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಬಹುದು.

ಆದರೆ, ಇಂಥ ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಮಾಂಕಗಳ ನಿರ್ಣಯದ (calibration) ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇದೆ. ಇದನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಈ ಮಾಪಕಗಳನ್ನೇ ಸೂಕ್ತ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳೊಂದಿಗೆ, ಒಂದು ಸೂಚಿ (pointer) ಯ ಮೂಲಕ ನೇರ ವಾಗಿ ಓದಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಈ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕ ಮತ್ತು ವೋಲ್ಟ್ ಮಾಪಕಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸಬಹುದು. ಇದು ಹೇಗೆಂಬು ದನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದು ಸೂಕ್ತವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

5.10 ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕ ಮತ್ತು ವೋಲ್ಟ್ ಮಾಪಕಗಳು

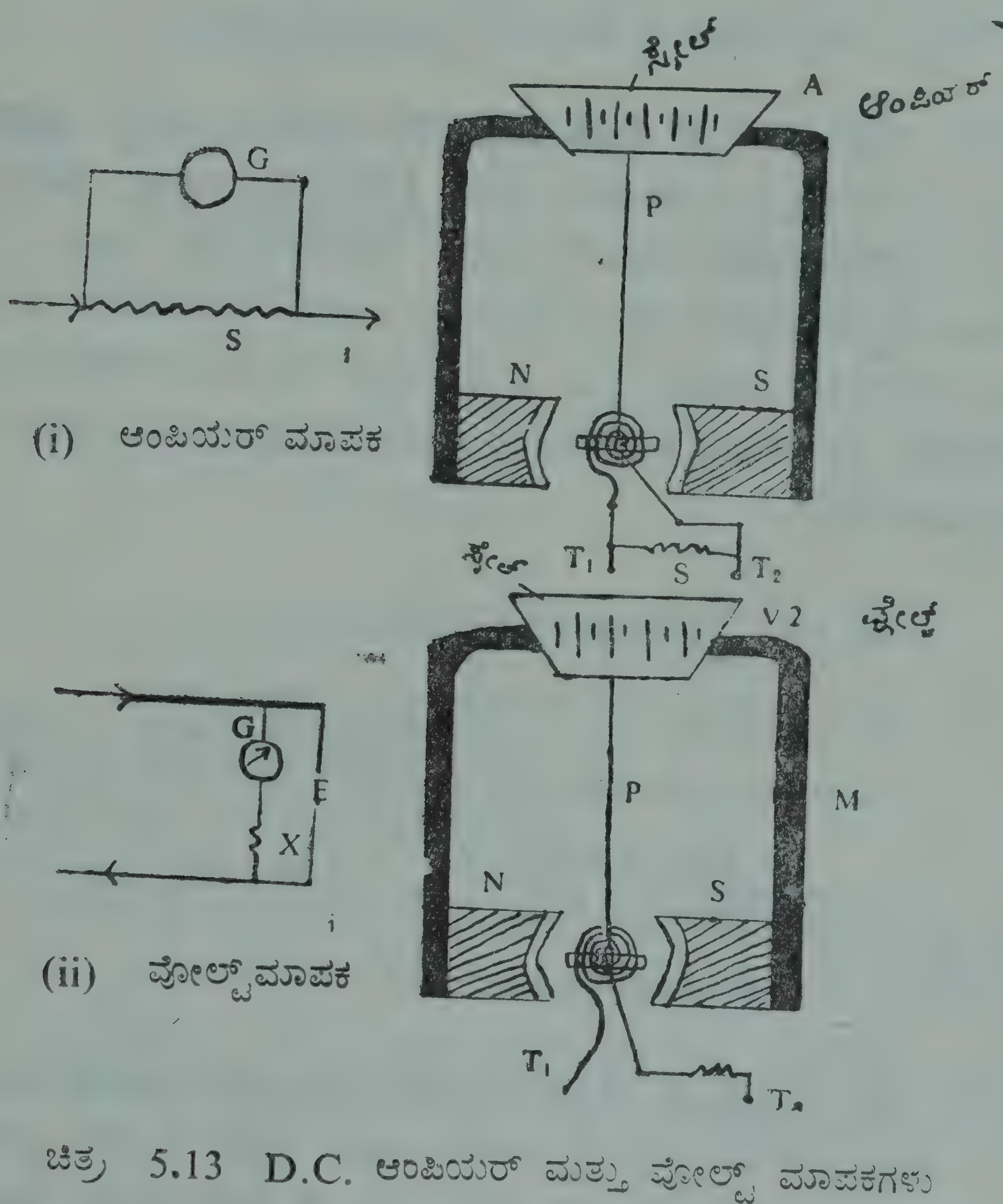
ಚಲ-ಸುರಳಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ, ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಪಾರ್ಶ್ವವಾಹಕ (low-resistance shunt) ವನ್ನು ಅಳವಡಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಅದನ್ನೇ ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕವನ್ನಾಗಿ ಪರಿ ವರ್ತಿಸಬಹುದು.

ಚಿತ್ರ [5.13)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ (b) ಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡಲಾಗಿ S ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧದ ಪಾರ್ಶ್ವ ವಾಹಕವನ್ನು ಬಂಧಿಸಲಾಗಿದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಉಪಕರಣದಿಂದ ನೇರವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು P ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಒಂದು ಸೂಚಿಯು ಒಂದು ಸ್ಕೇಲ್ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸುವಾಗ ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು.

C ಎಂಬುದು ತಂತಿಯ ಸುರಳಿ. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಚೌಕಟ್ಟಿನ ಮೇಲೆ ಸುತ್ತಿ ಕುದುರೆ ಲಾಳಾಕೃತಿಯ ಪ್ರಬಲ ಆಯಸ್ಕಾಂತದ N–S ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಗಳಂತೆ ಕೊರೆದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸುರಳಿಯ ಮೇಲೂ, ಕೆಳಗೂ ನಿಷ್ಕಾಂತ (non-magnetic) ವಸ್ತುವಿನ ಎರಡು ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್‌ಗಳನ್ನೂ ಅಳವಡಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳ ತಿರುಚುವಿ ಕೆಯೇ, ಬೇಕಾದ ನಿಯಂತ್ರಣ (torsion control) ವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ. ಈ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕ್ರಮಾಂಕ ನಿರ್ಣಯಗೊಳಿಸಿರು ತ್ತದೆ (calibrated). ಅಂದರೆ ಸೂಚಿ (P)ಯು ಸ್ಕೇಲ್‌ನ ಮೇಲೆ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ

ವಿಭಾಗದ ಮೂಲಕ ಚಲಿಸುವಾಗ 1 ಆಂಪಿಯರ್ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಇದನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾಗಿ ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. ಈಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ (b) ವನ್ನು ವೋಲ್ಟ್ ಮಾಪಕವನ್ನು ಪರಿವರ್ತಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಅದರೊಂದಿಗೆ ಶ್ರೇಣಿಯ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ (in series) ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧ (X) ವನ್ನೂ ಅಳವಡಿಸಿರಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ [5.13 (ii)]ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ–ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ ತಾನೇ, ಉಪಕರಣದೊಳಗೆ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ 5.13 (i) ಮತ್ತು (ii) ಗಳನ್ನೂ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಆಂತರಿಕ ರಚನೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ, ಸುರುಳಿ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್‌ಗಳು, ಎಲ್ಲ ಒಂದೇಆಗಿದ್ದರೂ ಒಂದೇ



ಚಿತ್ರ 5.13 D.C. ಆಂಪಿಯರ್ ಮತ್ತು ವೋಲ್ಟ್ ಮಾಪಕಗಳು

ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಬದಲಾವಣೆ ಏನೆಂದರೆ, (i) ರಲ್ಲಿ S ಎಂಬ ಪಾರ್ಶ್ವ ವಾಹಕವನ್ನು

ಅಡ್ಡಲಾದ ಆಳವಡಿಸಿದೆ. ಹೊರಗೆ ಇರುವ ಬಂಧಕ ತಿರುಪುಗಳು T_1, T_2. ಇವುಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಶ್ರೇಣಿಯ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಬೇಕು.

ಚಿತ್ರ (ii) ರಲ್ಲಿ X ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧಕ ತಂತಿಯನ್ನು ಮಾಪಕದ ಸುರಳಿಯೊಂದಿಗೆ ಶ್ರೇಣಿಯ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದೆ. ಹೊರಗಿನ ಬಂಧಕ ತಿರುಪುಗಳು T_1, T_2 ಇವುಗಳನ್ನು ನಾವು ಹೊರಗಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂತರ (pottential difference) ವನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕಾದರೆ, ಸಮಾನಾಂತರ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ (in parallel) ಬಂಧಿಸಬೇಕು. ಆಗ ಸೂಚಿಯು ಸ್ಕೇಲ್‌ನ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸಿ ನೇರವಾಗಿ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೂ ಕೂಡ ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕ್ರಮಾಂಕ ನಿರ್ಣಯಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ ಇದುವರೆವಿಗೂ ತಿಳಿಸಿರುವ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳ ಮೂಲಕ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಬಹುದು.

(1) ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಮಾಪಕದ ಸುರಳಿಯ ಉದ್ದ, ಅಗಲಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ, 3 ಮತ್ತು 1.5 ಸೆಂ.ಮೀ. ಮತ್ತು 1000 ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಇದನ್ನು ಲಂಬವಾಗಿ 1600 ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್‌ಗಳ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ತೂಗು ತಂತಿಯಿಂದ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ತಂತಿಯನ್ನು ಒಂದು ರೇಡಿಯನ್ ಮೂಲಕ ತಿರುಚಲು ಬೇಕಾಗುವ ಬಲಯುಗ್ಮವು 0.9 ಡೈನ್ ಸೆಂ.ಮೀ. ಹಾಗಾದರೆ 5° ಅಪಸಾರವನ್ನು ಹೊಂದಲು, ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಸಬೇಕಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವೇನು ?

ಇಲ್ಲಿ $i = \frac{K}{AnH} \cdot \theta \cdot$ (c.g.s.ಮಾನ)

$K = 0.9; \ \theta = 5^0 = 0.0174 \times 5$ ರೇಡಿಯನ್‌ಗಳು

$A = 3 \times 1.5$ ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. $n = 1000; \ H = 1600$ ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್

$\therefore i = \frac{0.9 \times 5 \times 0.0174}{1000 \times 3 \times 1.5 \times 1600} = 1.09 \times 10^{-8}$ c.g.s. ಮಾನ

$= 1.09 \times 10^{-7}$ ಆಂಪಿಯರ್

(2) ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಮಾಪಕದ ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧವು 5 ಓಮ್. 10 ಮಿಲ್ಲಿ ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಒಂದು ಪೂರ್ತ ಸ್ಕೇಲ್ ಅಪಸಾರವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು 10 ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ತೋರಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಹೇಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡಬೇಕು ? ಇದೇ ಉಪಕರಣವನ್ನು 10

ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುವಂತೆ ವೋಲ್ಟ್ ಮಾಪಕವನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡಲು ಏನು ಮಾಡಬೇಕು ?

(ಅ) ಆಂಪಿಯರ್ ಮೀಟರಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ

ಚಿತ್ರ 5.12 (i) ರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವಂತೆ G ಗೆ ಅಡ್ಡಲಾಗಿ ಒಂದು ಪಾರ್ಶ್ವ ವಾಹಕವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. G ಮತ್ತು S ಗಳು ಇವುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧ ಗಳಾದರೆ ಹೊರಗಿನ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ $I = 10$ ಆಂಪಿಯರ್ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ G ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವುದು 10 ಮಿಲ್ಲಿ ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾತ್ರ.

ಅಂದರೆ I_G = G ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ

$$= I . \frac{S}{G+S}$$

ಇಲ್ಲಿ $I_G = 10 \times 10^{-3}$ ಆಂಪಿಯರ್

$I = 10$ ಆಂಪಿಯರ್

$G = 5$ ಓಮ್

$S = ?$

$$10 \times 10^{-3} = 10 \times \frac{S}{5+S}$$

$$5 + S = 1000\,S; \quad S = \frac{5}{999} \text{ ಓಮ್}$$

(ಆ) ವೋಲ್ಟ್ ಮೀಟರ್‌ಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆ

ಇದಕ್ಕೆ ಚಿತ್ರ 5.13 (ii) ನೋಡಬೇಕು.

G ಒಂದಿಗೆ X ಎಂಬ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧವನ್ನು ಶ್ರೇಣಿಯ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಬೇಕು ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧವು (G+X) ಆಗುತ್ತದೆ. ಈಗ I_G ಎಂಬುದು G ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಾದರೆ T_1, T_2 ತಿರುಪುಗಳ ನಡುವಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು E ಆದರೆ $E = I_G\,(G+X)$

ಇಲ್ಲಿ $E = 10$ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಾದರೆ, $I_G = 10 \times 10^{-3}$ ಆಂಪಿಯರ್, $G = 5$ ಓಮ್.

$$\therefore\ 10 = 10 \times 10^{-3}\ (5 + X)$$

$$\therefore\ (5 + X) = 1000;$$

$$X = 995 \text{ ಓಮ್}$$

ಇದೇ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಅಳೆಯಬೇಕೆಂದಿರುವ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು 100 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಾಗಬೇಕಾದರೆ E = 100 ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

$$100 = 10 \times 10^{-3}\ (5 + X)$$

$$(5 + X) = 10{,}000$$

$$X = 9995 \text{ ಓಮ್}$$

ಹೀಗೆ X ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಯಾವ ಪ್ರಮಾಣದ ವೋಲ್ಟೇಜನ್ನು ಬೇಕಾದರೂ ಅಳೆಯುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

5.11 ಕ್ಷಿಪ್ರಸ್ತಂಭಿ ಮತ್ತು ಉತ್ ಕ್ಷೇಪಕನಮೂದರಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕಗಳು

ಇದುವರೆವಿಗೂ ವಿವರಸಿರುವ ರಚನೆಯುನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಮಾದರಿಗಳಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದರಲ್ಲಿ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ ಅದು ಅಪಸಾರವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ನಿಂತ ತಕ್ಷಣ ಸುರಳಿಯು ತನ್ನ ಸಮಸ್ಥಿತಿ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಕಾಲವಿಳಂಬವಿಲ್ಲದೆ ಹಿಂತಿರುಗಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಕ್ಷಿಪ್ರಸ್ತಂಭಿ (dead-beat) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಹೀಗಾದರೆ ಆ ಸುರಳಿಯ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಆಂದೋಳನದ ಆವರ್ತಕಾಲ (free period of oscillation) ವು ಬಹಳ ಅಲ್ಪಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರಬೇಕು. ಹೀಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಒಂದು ಸಲ ಅಪಸಾರ ಹೊಂದಿದ ನಂತರ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಆಂದೋಳನಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಾ ಬಹಳ ಕಾಲದ ತರುವಾಯ ಸಮಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಬಹಳ ತೊಂದರೆಯನ್ನು ಕೊಡುವಂತಾಗುತ್ತದೆ,

ಆದ್ದರಿಂದ ಸುರಳಿಯ ಸ್ಪಂದನಗಳನ್ನು ತಡೆಹಿಡಿದು ಕ್ಷಿಪ್ರವಾಗಿ ಸ್ವಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ತಿರುಗಬೇಕಾದರೆ ಸುರಳಿಯ ಸ್ಪಂದನಗಳ ಆವರ್ತಕಾಲವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರಬೇಕು. ಇದು T ಆದರೆ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_M}{K}}$$

ಇಲ್ಲಿ I_M= ಸುರಳಿಯ ಜಡತ್ವದ ಮಹತ್ವ (moment of inertia)

K= ತೂಗುತಂತಿಯ ತಿರುಚು ಬಲಯುಗ್ಮ (ಒಂದು ರೇಡಿಯನ್‌ಗೆ) T ಕಡಮೆಯಾಗಬೇಕಾದರೆ, I_M ಆದಷ್ಟು ಕಡಮೆಯಾಗಬೇಕು. ಮತ್ತು ಸುರಳಿಯನ್ನು ಒಂದು ನಿಷ್ಕಾಂತಲೋಹದ ಚೌಕಟ್ಟಿನ ಮೇಲೆ ಸುತ್ತಿರಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ, ಸುರಳಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವಾಗ, ಸುಳಿ ಪ್ರವಾಹಗಳು (eddy currents) ಏರ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇದರ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಚಲನವನ್ನು ಕ್ಷಿಪ್ರವಾಗಿ ಸ್ತಂಭನಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಸುರಳಿಯೂ ಸ್ವಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಕಾಲವಿಲಂಬವಿಲ್ಲದೆ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತದೆ.

ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ನಿಶ್ಚಲವಾದ (steady) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅತ್ಯಲ್ಪಕಾಲ ಹರಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಸರ್ಜನ (discharge) ವನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ನಾವು ಅಳೆಯಬೇಕಾದುದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಲ್ಲ. ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ಪ್ರಮಾಣ (total quantity of charge) ಹೀಗೆ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾದಲ್ಲಿ ಸುರಳಿಯನ್ನು ಸುತ್ತುವ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಆಘಾತವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾಲಾವಧಿಗಿಂತ ಸುರಳಿಯ ಆಂದೋಳನಗಳ ಆವರ್ತಕಾಲ (T) ವು ಆದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಸುರಳಿಯ ಚಲನವು ಆಘಾತವು ನಿಂತ ಮೇಲೆಯೂ, ಮುಂದುವರೆಯುತ್ತ ಇರಬೇಕು. ಆದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಮೂಲ ಕಾರಣವು ಏನೆಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಆಘಾತದಿಂದ ಉಂಟಾದ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪ - ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪಕ (ballistic) ಮಾದರಿ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಆವರ್ತ ಕಾಲವು 5.31 ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಇದು ಆದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ I_M ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೂ, K ಕಡಮೆಯಾಗಿಯೂ ಇರಬೇಕು. I_M ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಲು, ಸುರಳಿಯನ್ನು ಭಾರವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಅವಾಹಕ ಚೌಕಟ್ಟಿನ ಮೇಲೆ ಸುತ್ತಿರಬೇಕು - ಇದು ದಂತ ಅಥವಾ ಬೊಂಬಿನಿಂದ (bamboo) ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ರಚಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ನಿಬಂಧನೆಯೆಂದರೆ, ಸ್ಪಂದನಗಳಿಗೆ ತಡೆಯು (damping) ಆದಷ್ಟು ಕಡಮೆಯಾಗಿರಬೇಕು. ಇದಕ್ಕಾಗಿಯೇ ಲೋಹದ ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಅವಾಹಕ ವಸ್ತುವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಎರಡು ಮಾದರಿಗಳ ಮುಖ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನೆಂದರೆ, ಸುರಳಿಯ ಸ್ಪಂದನಗಳ ಆವರ್ತ ಕಾಲ (T). ಇದನ್ನು ಆದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಮಾಡಿದ್ದರೆ, ಅಂದರೆ 10-15 ಸೆಕೆಂಡುಗಳಷ್ಟು, ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪಕ ಮಾದರಿಯನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು

ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚು ಆವರ್ತ ಕಾಲ, ಅಲ್ಪ ಸ್ಪಂದನ ತಡೆ. ಇವುಗಳೆರಡೂ ಈ ಮಾದರಿಗೆ ಮುಖ್ಯ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳು.

5.12 ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪಕ ಮಾದರಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ

ಈಗ, ಮೇಲಿನ ನಿಬಂಧನೆಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿ ರಚಿಸಲಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ತತ್ತ್ವ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗಿದೆ. ಸುರಳಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಅವಾಹಕ ಚೌಕಟ್ಟಿನ ಮೇಲೆ ಸುತ್ತಿ ಅದರ ಜಡತ್ವದ ಮಹತ್ವವನ್ನು (I_M) ಆದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಮಾಡುವುದರ ಮೂಲಕ ಆವರ್ತಕಾಲವು ಸುಮಾರು 10 ಸೆಕೆಂಡ್‌ಗಳಷ್ಟು ಆದರೂ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಿರಬೇಕು.

i. (e.m.u.) ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು dt ಎಂಬ ಅಲ್ಪಕಾಲಾವಧಿಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸಿದರೆ, ಇದರಿಂದ ಒಂದು ಆಘಾತ (impulse) ಕೊಡಲ್ಪಟ್ಟು, ಸುರಳಿಯು ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವವು ಇಲ್ಲವೆಂದು ಗಣಿಸಬಹುದು. ಈ ಆಘಾತದಿಂದ ತೂಗುತಂತಿಯು ತಿರುಚಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಚಲನೆಗೆ ತಡೆಯು ಅತ್ಯಲ್ಪ (damping negligible) ಎಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಆಘಾತವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಕಾಲ ಮಾತ್ರ ಇರುವುದರಿಂದ, ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಕೋನೀಯ ಆವೇಗವು ಏರ್ಪಡುವಾಗ, ಅಪಸಾರವು ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

A = ಸುರಳಿಯ ಮುಖದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ [l = ಉದ್ದ; b = ಅಗಲ]

n = ಸುರುಳಿಯ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ

H = ತ್ರಿಜ್ಯಮುಖದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲ (radial field)

ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಸರ್ಜನ = q ಆಗಿರಲಿ. ಇದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಒಟ್ಟು ಅಪಸಾರ = θ i (e.m.u.) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು dt ಕಾಲ ಪ್ರವಹಿಸಿದರೆ, ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ = dq = i. dt ಸುರುಳಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲಯುಗ್ಮವು C ಆದರೆ,

$$C = \mu H. An i \tag{5.32}$$

ಗಾಳಿಯು ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಆಗಿದ್ದರೆ $\mu = 1$, C = Ani H
ಇದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಆಘಾತ (impluse) = C dt; AnH.i. dt = AnH dq ಆದ್ದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಒಟ್ಟು ಕಾಲವು t ಆದರೆ,

ಒಟ್ಟು ಆಘಾತವು $\int_0^t C dt = \int_0^q AnH.\,dq = An\,Hq$ 5.33

I_M= ಸುರಳಿಯ ಜಡತ್ವದ ಮಹತ್ವ; ω= ಕೋನೀಯ ವೇಗ ಆದರೆ, ಕೋನೀಯ ಆವೇಗವು $I_M.\,\omega$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದು 5.33 ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಅನ್ವಯು ವಾಗಬೇಕು.

$$\therefore\ I_M.\,\omega = An\,Hq$$

$$\omega = \frac{An.\,H.q}{I_M} \qquad 5.34$$

ಸುರಳಿಯ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯು E ಆದರೆ

$$E = \tfrac{1}{2} I_M \cdot \omega^2$$

$$= \tfrac{1}{2} I_M \left[\frac{(AnHq)}{I_M}\right]^2$$

ಇದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯು ತಂತುವನ್ನು ತಿರುಚಲು ಬೇಕಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಇದು $\int_0^{\theta_0} K\theta.d\phi = \tfrac{1}{2}K\theta_0^2$ (θ_0= ಅಂತಿಮ ಅಪಸಾರ ಕೋನ) 5.35

$$\therefore\ \tfrac{1}{2}K\cdot\theta^2_0 = \tfrac{1}{2} I_M \left[\frac{(AnHq)}{I_M}\right]^2$$

$$q^2 = \frac{KI_M}{A^2n^2H^2}\,\theta_0^{\,2}$$

$$q = \frac{\sqrt{KI_M}}{AnH}\,\theta_0 \qquad 5.36$$

ಇದರಲ್ಲಿ K, I_M, A, n, H ಗಳು ನಿಯತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ

$q \propto \theta_0$ ಅಂದ ಹಾಗಾಯಿತು.

ಇನ್ನು ಸುರಳಿಯ ಆಂದೋಲನಗಳ ಆವರ್ತನ ಕಾಲ (T)ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯ ಬಹುದು. ಆಂದೋಲನಗಳು S. H. M ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$I_M \frac{d^2\theta}{dt^2} = -K\theta$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_M}{K}}$$

ಇದೇ ಉಪಕರಣದ ಮೂಲಕ ಬೇರೊಂದು ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ನಿಶ್ಚಲ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ i_0 ಪ್ರವಹಿಸಿ ಅದರಿಂದ ϕ ಅಪಸಾರ ಕೋನ ಉತ್ಪನ್ನವಾದರೆ, 5.37

$$Ani_0 H = K.\phi$$

$$\frac{i_0}{\phi} = \frac{K}{AnH} \qquad 5.38$$

$$\frac{T}{2\pi} \frac{i_0}{\phi} = \sqrt{\frac{I_M}{K}} \frac{K}{AnH} = \frac{\sqrt{KI_M}}{AnH} \qquad 5.39$$

ಹೀಗಾಗಿ, 5.36 ಸಮೀಕರಣದ ಅಂತಿಮ ರೂಪವು

$$q = \frac{T}{2\pi} \frac{i_0}{\phi} \theta_0 \qquad 5.40$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಪ್ರಧಾನ ಸಮೀಕರಣ

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ಕ್ರಮಾಂಕ ನಿರ್ಣಯ

5.40 ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಮಾಪಕದ ಮೂಲಕ ಉತ್ಸರ್ಜನ (discharge) ಮಾಡುವುದರಿಂದ, θ_0 ಎಂಬ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪ (throw)ವನ್ನು ಅಳೆದು ಅದರ ಮೂಲಕ ಹರಿದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ (q)ವನ್ನು ಗೊತ್ತು ಮಾಡಲು, ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

$$q = \frac{I}{2\pi} \frac{i_0}{\theta} \theta_0 = K^1\theta_0$$ ಎಂದು ಕರೆದರೆ

$$K' = \frac{T}{2\pi} \frac{i_0}{\phi}$$ ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರೆ, ಕ್ರಮಾಂಕ ನಿರ್ಣಯಿಸಿ ದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

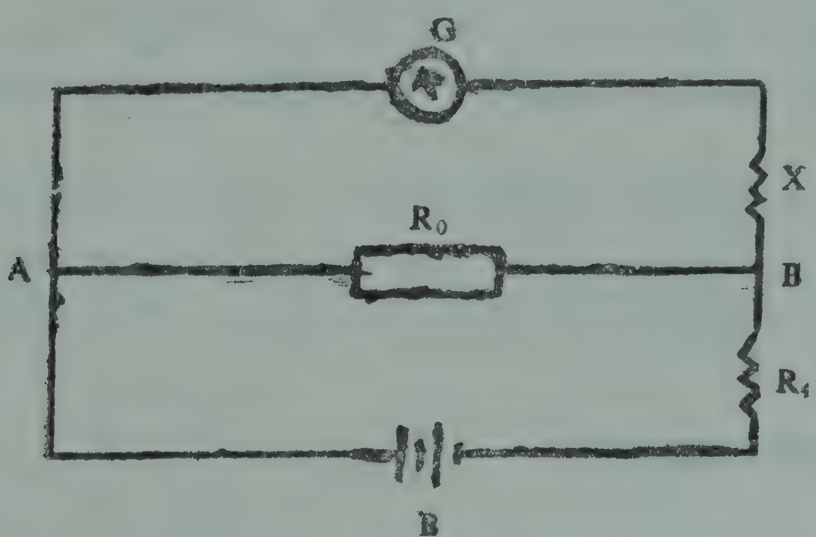
(i) ಇದರಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯದು T= ಒಂದು ಪೂರ್ತ ಮಿಡಿತಡೆಯಿಲ್ಲದ (undamped swing) ಆಂದೋಲನದ ಕಾಲ ಆವರ್ತ ಕಾಲ. ಮಾಪಕದ ಎರಡು

ಬಂಧಕ ತಿರುಪುಗಳಿಗೆ ಮತ್ಯಾವ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಮಾಡಿಸದೆ, ಸುರಳಿಯನ್ನು ಸ್ವತಂತ್ರ ವಾಗಿ ಸ್ಪಂದನ ಮಾಡಲು ಅವಕಾಶ ಮಾಡಿ, ಆವರ್ತಕಾಲವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಒಂದು ಗಡಿಯಾರದ (stop-watch) ಮೂಲಕ ಅಳೆಯಬೇಕು.

(ii) $\frac{i_o}{\phi} = \theta_o$, ϕ ಮುಂತಾದ ಅಪಸಾರ ಕೋನಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ನಾವು ಸಾಮಾನ್ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ದೀಪ-ಸ್ಕೇಲ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸು ವುದರಿಂದ, ತೂಗು ತಂತಿಗೆ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ದರ್ಪಣದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಬೆಳಕಿನ ರೇಖೆಗಳ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು 1 ಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಗಾಜಿನ ಸ್ಕೇಲ್ ಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲೆ ಅಳೆಯುತ್ತೇವೆ. x_1, x_2 ಸೆಂ. ಮೀ. ಗಳ ಪಲ್ಲಟಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಅಪಸಾರ ಕೋನಗಳು θ_1, θ_2 ಗಳಾದರೆ

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{x_1}{x_2} = \text{ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.}$$

ಆದ್ದರಿಂದ, ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ (ಸುಮಾರು 10^{-6} ಆಂಪಿಯರ್)ನಿಶ್ಚಲವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಮಾಪಕದ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸಿದರೆ, ಅದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನ ವಾಗುವ ಬೆಳಕಿನ ರೇಖೆಯ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು (x_o) ಅಳೆದರೆ, ϕ ಕೋನವನ್ನೂ ಅಳೆದಂತೆಯೇ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲವು ಸಹಕಾರಿಯಾಗುವುದು.



ಚಿತ್ರ 5.14. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ – ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆ

ABC ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ B ಎಂಬುದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ [E= 2 ವೋಲ್ಟ್ ಇರಬಹುದು] R_1 ಎಂಬುದು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧ (ಸುಮಾರು 0.1 ಓಮ್) ಇದನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ.

R_o= ಸಣ್ಣರೋಧX ಎಂಬ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧವನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾದ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರ ಮೂಲಕ G ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ ಮೂಲಕ ಅದರ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು [(X+G) = 1000 ಓಂ ಆಗಿರಬಹುದು]. ಇದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ϕ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ರೇಖೆಯು ಪಲ್ಲಟ (x_0) ದ ಮೂಲಕ ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಪ್ರಕಾರ

i_o = G ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು

$$= \frac{E \times R_o}{R_o + R_1} \qquad (X + R_o + G)$$

R_1 = 199.9 ಓಮ್ $\qquad$ E = 2 ವೋಲ್ಟ್

R_o = 0.1 ಓಮ್

$(X + R_o + G)$ = 1000 ಓಮ್ ಆದರೆ

$$i_o = \frac{2 \times 0.1}{200} \times \frac{1}{1000} = 10^{-6}$$ ಆಂಪಿಯರ್

ಇದೇ ಮಾದರಿ R_0, R, X ಗಳಿಗೆ ಸೂಕ್ತ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕೊಡುವುದರ ಮೂಲಕ ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

ಈ ಎರಡು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ $K' = \frac{I}{2\pi} \cdot \frac{i_0}{\phi}$ ತಿಳಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

(iii) ಮಿಡಿತಡೆಗೆ ತಿದ್ದುಪಡಿ

q ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಉತ್ಸರ್ಜನದಿಂದ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪ (θ_0) ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ತಿಳಿಯಲು ಬೆಳಕಿನ ರೇಖೆಯು ಸ್ವಸ್ಥಾನದಿಂದ ಒಂದು ಕಡೆ ಅಂತಿಮವಾಗಿ ನಿಲ್ಲುವಾಗ ತೋರಿಸುವ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಅಳೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ಆದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕವು ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪ ಮಾದರಿಯಾಗಿರುವುದ

ರಿಂದ ಸುರಳಿಯ ಆವರ್ತಕಾಲವು (T) ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಾವು ವೀಕ್ಷಿಸುವ ಬೆಳಕಿನ ರೇಖೆಯು ಮೊದಲ ಪಲ್ಲಟ (θ_0) ಆದಮೇಲೆ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡತೊಡಗುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುವಾಗ ಅದು ಸ್ಪಂದನವು ತಡೆಗೆ ಒಳಗಾಗಿದ್ದು, ಅದು ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ತೋರಿಸುವ ಪಲ್ಲಟಗಳು ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತವೆ.

ನಾವು ಇವುಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಣೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಬೇಕು. ಹೇಗೆಂದರೆ ಲೋಲಕವು ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುತ್ತಿರುವಂತೆಯೇ ಬೆಳಕಿನ ರೇಖೆಯೂ ಎಡಗಡೆ ಮತ್ತು ಬಲಗಡೆ ಕೊನೆಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಸುವ ಪಲ್ಲಟಗಳನ್ನು ಗುರುತು ಮಾಡುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು. ಮೊದಲ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪವು θ_0 ಬಲಗಡೆ ಕೊನೆಯಾಗಿದ್ದರೆ ಎಡಗಡೆ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ θ_1 ಮತ್ತು ಬಲಗಡೆ θ_2 ಎಡಗಡೆ θ_3, ಹೋದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಗುರುತು ಮಾಡಬೇಕು.

ಎಡ	ಬಲ
	θ_0
θ_1	θ_2
θ_3	θ_4
θ_5	ಇತ್ಯಾದಿ

ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಅರ್ಧ ಆಂದೋಲನದ ಕಾಲ ($T/_2$) ದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಿರುತ್ತದೆ.

$\dfrac{\theta_0}{\theta_1} = \dfrac{\theta_1}{\theta_2} = \dfrac{\theta_2}{\theta_3} = \ldots = \sigma$ ಸ್ಪಂದನ ಕ್ಷಯಾಂಕ (decrement of swing) $\log_e \delta = \lambda =$ ಲಾಗರಿಥಂ ಸ್ಪಂದನಕ್ಷಯ

ಮೊದಲಿನ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪ (throw) = θ ಆರಂಭದಿಂದ T/4 ಕಾಲದ ನಂತರ ಆಗಿರುತ್ತದೆ ಅಂದರೆ ಈ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ತಡೆಯಾಗಿದ್ದು, ನಿಜವಾದ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪ θ^1 ಆಗಿದ್ದರೆ, $\theta_0 < \theta^1$

$$\frac{\theta_0}{\theta_2} = \frac{\theta}{\theta_1}\,\frac{\theta_1}{\theta_2} = e^{2\lambda}$$

$$\frac{\theta_0}{\theta_3} = \frac{\theta_0}{\theta_2} - \frac{\theta_2}{\theta_3} = e^{3\lambda}\ ;\ \lambda = \frac{1}{3}\log_e \frac{\theta_1}{\theta_3} \qquad 5.41$$

ಆದ್ದರಿಂದ ಮೊದಲಿನ T/4 ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಆಗಿರುವ ಕ್ಷಯದ ದರವು $e\,\lambda/^2$ ಆಗಿರಬೇಕು.

$$\frac{\theta^1}{\theta_0} = e^{\lambda/2} = 1 + \frac{\lambda}{2} + \frac{\left(\frac{\lambda}{2}\right)}{\angle 2} +$$

$= (1+\lambda/_2)$ ಸುಮಾರು

$$\theta^1 = \theta_o \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \qquad 5.42$$

ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ λ ಗೊತ್ತುಮಾಡಿ ತಿದ್ದುಪಡಿ ಮಾಡಿದ ಉತ್ಕ್ಷೇಪವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಅಂತಿಮವಾಗಿ

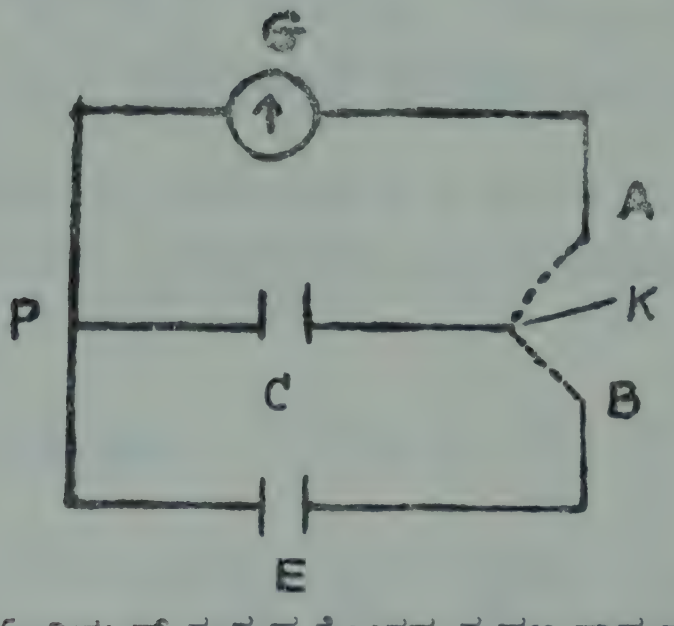
$$q = \frac{T}{2\pi} \frac{i_0}{\phi} \theta_0 (1 + \lambda/2) \qquad 5.43$$

ಇಲ್ಲಿ θ_0, ಗಳನ್ನೂ ಅಳೆಯಲು ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಬೆಳಕಿನ ರೇಖೆಯ ಪಲ್ಲಟಗಳಾದ x, x_0 ಆಗಿದ್ದರೆ

$$\frac{\theta_0}{\phi} = \frac{x}{x_0} \text{ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.} \qquad 5.44$$

5.12 ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದಿಂದ ಕೆಲವು ಉಪಯುಕ್ತ ಪ್ರಯೋಗಗಳು

ಇದುವರೆವಿಗೂ ವಿವರಿಸಿರುವಂತೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ಕ್ರಮಾಂಕ ನಿರ್ಣಯವನ್ನು ಮಾಡಿದ ಮೇಲೆ ಅದನ್ನು ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗ



5.15 ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ

ಗಳಿಗೆ ಅಳವಡಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು (capacity of a

condenser). ಇದಕ್ಕೆ 5,15ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಚಿತ್ರವಿಧಾನವು ಸಹಕಾರಿಯಾಗುವುದು. ಇಲ್ಲಿ C ಎಂಬುದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ ಸಂಗ್ರಹ. ಇದರ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ I μF, 2 μF ಆಗಿರಬಹುದು. (Iμ F$=10^{-6}$ ಫಾರಡ್

E ಎಂಬುದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ–ಇದು ಎರಡು ವೋಲ್ಟ್ ಬ್ಯಾಟರಿ ಆಗಿರಬಹುದು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವು K ಎಂಬ ತ್ರಿಮಾರ್ಗ ಬೆಣೆ (three - way key ಸಾಧನ. ಇದರ ಮೂಲಕ C ಕೋಶವನ್ನು ಮೊದಲು ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಕ ಮಾಡಲು D,B ಗಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಬೇಕು, ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ, E ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದಿಂದ Cಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿದು ಅದರಲ್ಲಿ q ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು ಶೇಖರವಾಗುತ್ತದೆ.

$q = CV$. ($V = E$ ಕೋಶದ ವೋಲ್ಟೇಜ್)

[$V = 2$ ವೋಲ್ಟ್- $C = 1\mu F$ ಆದರೆ, $q = 2$ ಮೈಕ್ರೊ ಕೊಲಂಬ್‌ಗಳಾಗುತ್ತದೆ] ನಂತರ, D_1Bಗಳ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಕಡಿದು, D,Aಗಳನ್ನು ಸಂಪರ್ಕ ಗೊಳಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ, C ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗಿರುವ q ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು b ಮೂಲಕ ಉತ್ಸರ್ಜನ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪ (θ) ವನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕು.

ಹೀಗಾಗಿ, $q = K^1\theta \left[K^1 = \frac{T}{2\pi} \quad \frac{i}{\phi} \right]$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ q ತಿಳಿದಹಾಗಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ $C = \frac{q}{V} = \frac{K^1\theta}{V}$ ಆಗಿ, C ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು. 5.45

ಇದನ್ನು ಮುಂದುವರೆಸಿ, C_1,C_2 ಎಂಬ ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಲು ಬಹಳ ಸರಳ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು. ಮೊದಲು ಹೇಳಿದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ

ಮೊದಲನೆಯ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, θ_1 ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಇದಾದನಂತರ, ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ಉಪಕರಣಗಳೂ ಹಾಗೆಯೇ ಇದ್ದು, C_1ಗೆ ಬದಲಾಗಿ C_2 ಉಪಯೋಗಿಸಿ, θ_2 ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು.

$$q_1 = C_1V = K^1\theta_1$$
$$q_2 = C_2V = K^1\theta_2$$

$$\therefore \quad \frac{C_1}{C_2} = \frac{\theta_2}{\theta} \qquad 5.46$$

ಈ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ K′ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದೂ ಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ.

ಇನ್ನೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಮುಂದುವರೆಸಿ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ವಸ್ತುವಿನ ನಿರೋಧ ಗುಣಾಂಕ (dielectric constant) ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ಸಮಾನಂತರ-ಫಲಕ-ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. (parallel-plate-condenser).

ಮೊದಲು, ಎರಡು ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಗಾಳಿ ಮಾತ್ರ ಇದ್ದಾಗ, ಇವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು.

ಇದರ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು C_a ಆಗಿದ್ದು, ಅಳತೆ ಮಾಡಿದ ಉತ್ಕ್ಷೇಪವು ϕ ಆಗಿರಲಿ. ಇದೇ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಉಳಿದಿದ್ದನ್ನೆಲ್ಲ ಹಾಗೆಯೇ ಇರಿಸಿ, ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಗಾಳಿಗೆ ಬದಲು ಗಾಜು ಅಥವಾ ನಿರೋಧಕ ವಸ್ತುವನ್ನು ಇರಿಸಿ, ಅದರ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು C_K ಆಗಿರಲಿ. ಇದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಉತ್ಕ್ಷೇಪದ ಮೌಲ್ಯವು ϕ' ಆಗಿರಬಹುದು. ಎರಡು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ, q, q^1 ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳು ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ಮೂಲ ಉತ್ಸರ್ಜನವಾಗಿದ್ದರೆ,

$$q = K' \phi = C_a V$$

$q' = K' \phi' = C_K V$ (ಎರಡು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವಿರಬೇಕು)

$$\frac{q'}{q} = \frac{C_K V}{C_a V} = \frac{\phi'}{\phi}$$

ಆದರೆ, $\frac{q'}{q} = K =$ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧ ಗುಣಾಂಕ

$$\therefore K = \frac{\phi'}{\phi} \qquad 5.47$$

ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದಿಂದ ಹಲವಾರು ಉಪಯುಕ್ತ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡುವುದು.

ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳಿಂದ ಈ ವಿಷಯಗಳು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುವುದು

(i) ಒಂದು ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮೈಕ್ರೋ ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಸೆಂ. ಮೀ. ಅಪಸಾರವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ ಆದರೆ ಸ್ವತಂತ್ರ ಆಂದೋಲನಗಳ ಆವರ್ತ ಕಾಲವು 8 ಸೆಕೆಂಡ್‌ಗಳು 2 ಸೆಂ. ಮೀ ಗಳ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪಕ್ಕೆ ಸಮನಾದ ವಿದ್ಯುತ್ (ಅಂಶ) ಪರಿಮಾಣ (quantity of electricity) ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿರಿ.

ಇಲ್ಲಿ $q = \frac{T}{2\pi} \; \frac{i_0}{\phi}\theta$

T= 8 ಸೆಕೆಂಡ್‌ಗಳು $v_0 = 2 \times 10^{-6}$ ಆಂಪಿಯರ್

$\phi \propto 1$ ಸೆಂ. ಮೀ.

$\theta \propto 2$ ಸೆಂ. ಮೀ.

$$q = \frac{8}{2\pi} \; \frac{2.10^{-6}}{1} \; 2 = 5.1 \times 10^{-6}$$ ಕೂಲಾಂಬ

(ii) ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವನ್ನು 2 ವೋಲ್ಟ್ ಬ್ಯಾಟರಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ, ಅನಂತರ, ಅದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ಮೂಲಕ ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿದೆ. ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪವು 10 ಸೆಂ. ಮೀ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆ= 2.2×10^{-8} ಆಂಪಿಯರ್/1 ಸೆಂ. ಮೀ. ಆವರ್ತಕಾಲ= 10 ಸೆಕೆಂಡ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೇನು.

$$q = C.\ V. = \frac{T}{2\pi} \; \frac{i_0}{\phi} \; \theta$$

$$\therefore C = \frac{T}{2\pi} \; \frac{i_0}{\phi}\theta \times \frac{1}{V}$$

ಇಲ್ಲಿ T= 10 ಸೆಕೆಂಡ್

$\frac{i_0}{\phi} = 2.2 \times 10^{-8}$ ಆಂಪಿಯರ್

$$\frac{\theta}{\phi} = \frac{10}{1}$$

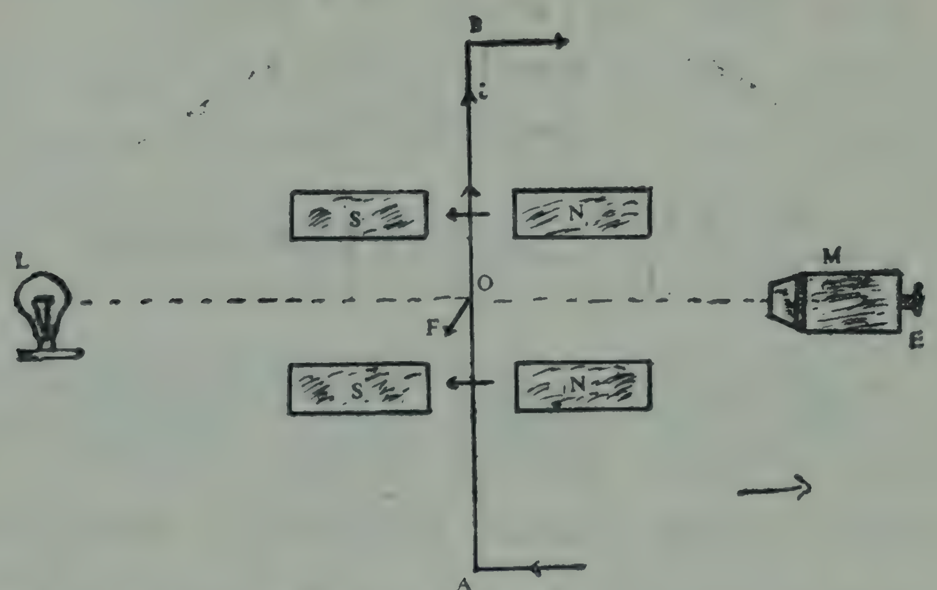
V= 2 ವೋಲ್ಟ್

$$\therefore\ C = \frac{10}{2\pi}\ \frac{2.2\times10^{-8}}{1}\times\frac{10}{2}$$

$= 1.75 \times 10^{-7}$ ಫ್ಯಾರಡ್

5.13 ತಂತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ

ಇದೊಂದು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನುಅಳೆಯಲು ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಸಾಧನ.



ಚಿತ್ರ 5.16 ಐನ್‌ಥೊವೆನ್ ತಂತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ

AB ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಜಕ ಲೇಪದ ಬೆಣಚಿನ ತಂತು (silver quartz fibre) ಇದರ ಮೂಲಕವೇ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು (i) ಹರಿಸುವುದು. N-S ಎಂಬುದು ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಧ್ರುವಗಳು. ಇವುಗಳಿಂದ ಉದ್ಭವವಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲ (H)ವು ABಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದು. ಈ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಎರಡು ಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಕಾಲುವೆಯನ್ನು ಕೊರೆದಂತೆ ಕಂಡಿಯನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿದೆ. ತಂತುವಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲದ (F) ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ತಂತುವು i ಮತ್ತು Hಗಳಿಗೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ ಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ತಂತುವಿನ ಹಿಂದೆ ಒಂದು ಪ್ರಬಲ ದೀಪವನ್ನು (L) ಸ್ಥಾಪಿಸಿ, ತಂತುವಿನ ಚಲನಗಳನ್ನು M ಎಂಬ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ (microscope)ದ ಮೂಲಕ

ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ವೀಕ್ಷಕ ಯುವ (eye-piece)ದ ದೃಷ್ಟಿಪಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿಭಾಗಗಳ ಅಳತೆ ಪಟ್ಟಿಯು ಅಳವಡಿತವಾಗಿದೆ.

ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು AB ತಂತುವಿನ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸಿದರೆ, ತಂತುವು ಪಲ್ಲಟಗೊಂಡು ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ದೃಷ್ಟಿ ಪಥದಲ್ಲಿ ಅಳೆದು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಇದು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಾಧನವಾಗಿದ್ದು 10^{-23} ಆಂಪಿಯರ್ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನೂ ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ತಂತುವಿನ ಸ್ಪಂದನದ ಆವರ್ತ ಕಾಲವು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅತಿಕ್ಷಿಪ್ರವಾಗಿ ಬದಲಾಗುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನೂ ಅಳೆಯಬಹುದು.

ಇದನ್ನೇ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಡುಮಾಡಿ, ಒಂದು ಆಂದೋಲನ ಚಿತ್ರಲೇಖಕವನ್ನಾಗಿಯೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿ (oscillograph) ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ಒಂದು ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರ ಫಿಲ್ಮ್‌ನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಒಂದು ಮುದ್ರಿಕೆಯನ್ನೇ (record) ಪಡೆಯಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ.

ವೈದ್ಯಕೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇದರ ಉಪಯೋಗವು ಬಹಳ ಫಲಕಾರಿಯಾಗಿದೆ; ಹೃದಯದ ಮಿಡಿತಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲು ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

6. ವಿದ್ಯುತ್ ಅಳತೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳು

6.1 ಓಂ – ಸೂತ್ರ

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ತಂತಿಯ ಎರಡು ತುದಿಗಳಾದ A,B ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವೆ, ಒಂದು ಬಾಹ್ಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಸಂಪರ್ಕದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. A,B ಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ (unit chargc)ವನ್ನು ಚಲಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದಂತೆ, A,B ಗಳ ನಡುವೆ ಗೊತ್ತಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (potential difference) ಇರಬೇಕು. ಇದನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿ, ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಅಂತರವು i.e.m.u. ಮಾನವಿದ್ದು, 1. e. m. u. ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು 1 ಎರ್ಗ್ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿದೆ.

e = ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ, q = ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ಪ್ರಮಾಣ, w = ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಗಳೆಲ್ಲವೂ e.m.u. ಮಾನದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, $w = e q$

i ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣವು t ಸೆಕೆಂಡ್ ಗಳಿಗೆ ಹರಿದರೆ, $q = it$.

ಆಗ $w = eit$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳು 6.1

ಆದರೆ, ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮಾನದಲ್ಲಿ q ಪ್ರಮಾಣದ ಏಕಮಾನವು 1 ಕೂಲಾಂಬ್ ಅಂದರೆ 1 ಆಂಪಿಯರ್ 1 ಸೆಕೆಂಡ್ ಕಾಲ ಪ್ರವಹಿಸುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವುದು. ಇದೇ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮಾನದಲ್ಲಿ 1 ವೋಲ್ಟ್ (volt) = ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರದ ಏಕ ಮಾನ ಮತ್ತು ಇದೇ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮಾನದಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಏಕಮಾನವೂ 1 ಜೂಲ್ ಆಗುವುದು.

ಇವುಗಳ ಅಂತರ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಹೀಗೆ ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು.

1 ವೋಲ್ಟ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರದಲ್ಲಿ ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು 1 ಸೆಕೆಂಡ್ ಹರಿಯುವಾಗ,

1 ಜೂಲ್ ಅಥವಾ 10^7 ಎರ್ಗ್ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿಯು ಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಬೇಕಾದರೆ, 10^8 e.m.u. ಪ್ರಚ್ಛಾನ್ನಾಂತರದ ಮೂಲಕ 1 ಕೊಲಾಂಬ್

$= \frac{1}{10}$ e.m.u. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣವು ಚಲಿಸಿರಬೇಕು.

ಆದ್ದರಿಂದ 1 ವೋಲ್ಟ್ = 10^8 e.m.u. ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಏಕಮಾನಗಳು. ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮಾನದಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ,

W= EI t. (ಜೂಲ್‌ಗಳು) 6.2

ಇಲ್ಲಿ E ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ, I ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರಬೇಕು. ಈ ವಿವರಣೆಯಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುವ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, A,Bಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು I ಆಗಿದ್ದರೆ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವಿದ್ದೇ ಇರಬೇಕು, ಹೀಗಿರುವಾಗ, ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಓಮ್ (ohm) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ಸೂತ್ರದ ಮೂಲಕ ನಿರೂಪಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಈ ಸೂತ್ರವು ಹೀಗಿದೆ:

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕವು ನಿಯತ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿದ್ದು, ಅದರಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಟ್ಟಿರುವಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವು ಆ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಎರಡು ತುದಿಗಳ ನಡುವಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ (proportional) ರುತ್ತದೆ ಅಂದರೆ, E ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು ಈ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವೂ, I ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಪ್ರಮಾಣವು ಆಗಿದ್ದರೆ,

$\frac{E}{I}$ = ನಿಯತಾಂಕ = R = ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧ(Resistance)

ಅಥವಾ E= I R 6.3

R ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಏಕಮಾನವು ಓಂ (Ohm) ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

E (ವೋಲ್ಟ್) = I (ಆಂಪಿಯರ್) × R (ಓಮ್)

ಹೀಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಮಾಡಲ್ಪಡುವುದರಿಂದ, ಈ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಉಷ್ಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಏರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಜೂಲ್ ನಿಯಮವು (Joule's law) ನಿರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. H ಕ್ಯಾಲರಿಗಳ ಉಷ್ಣವು W ಜೂಲ್‌ಗಳ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದರೆ,

W = JH = 4.2 H

ಇಲ್ಲಿ J= ಜೂಲ್ ಸಮಾನಾಂಕ = 4·2 ಜೂಲ್‌ಗಳು ಒಂದು ಕ್ಯಾಲರಿಗೆ

$$\therefore \quad \frac{W}{4.2} = \frac{EI\,t}{4.2} = \frac{I^2\,Rt}{4.2} \text{ (ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು)}$$

ಅಂದರೆ $H \propto I^2\,Rt$ 6.4

ಇದೇ ಜೂಲ್ ನಿಯಮ ಇದರ ಪ್ರಕಾರ, R ಓಮ್ ರೋಧದ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ, I ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು t ಸೆಕೆಂಡ್‌ಗಳ ಕಾಲ ಹರಿದರೆ. H ಕ್ಯಾಲರಿಗಳ ಉಷ್ಣವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ, $H \propto I^2\,Rt$. ಎಂದು ಅರ್ಥ.

ಇದನ್ನೇ ಮುಂದುವರೆಸಿದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ (AB) ಉದ್ದವು l ಸೆಂ. ಮೀ ಗಳಾಗಿಯೂ, ಅಡ್ಡ ಅಳತೆಯು A ಚದರ ಸೆಂ. ಮೀ. ಗಳಾಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ, ಆದರ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧವು (R) ಉದ್ದದೊಂದಿಗೆ ನೇರವಾಗಿಯೂ, A ಒಂದಿಗೆ ವಿಲೋಮವಾಗಿಯೂ, ವ್ಯತ್ಯಾಸದನ್ನು ಹೊಂದುವುದಾಗಿ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ.

ಅಥವಾ $R \propto l/A$ (ನಿಯತ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ)

$$R = \frac{\sigma l}{A} = \frac{\sigma\ l}{\pi r^2} \quad [\text{ಓಂ } \lambda \text{ ಸೆಂ. ಮೀ. ಮಾನ} \qquad 6.5$$

ಇಲ್ಲಿ σ = ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟರೋಧ (specific resistance)

= ಒಂದು ಚದರ ಸೆಂ. ಮೀ. ಅಡ್ಡಳತೆಯೂ, 1 ಸೆಂ. ಮೀ. ಉದ್ದವೂ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧ ಪ್ರಮಾಣ.

ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕದ ಅಡ್ಡಳತೆಯು ವರ್ತುಲವಾಗಿದ್ದರೆ $A = \pi r^2$(r = ತ್ರಿಜ್ಯ,

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ರೋಧವು 0^0C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ R_0 ಆಗಿಯೂ t^0Cನಲ್ಲಿ Rt ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ,

$$R = R_0\,(1 + \propto t + \beta t^2 +) \qquad 6.6$$

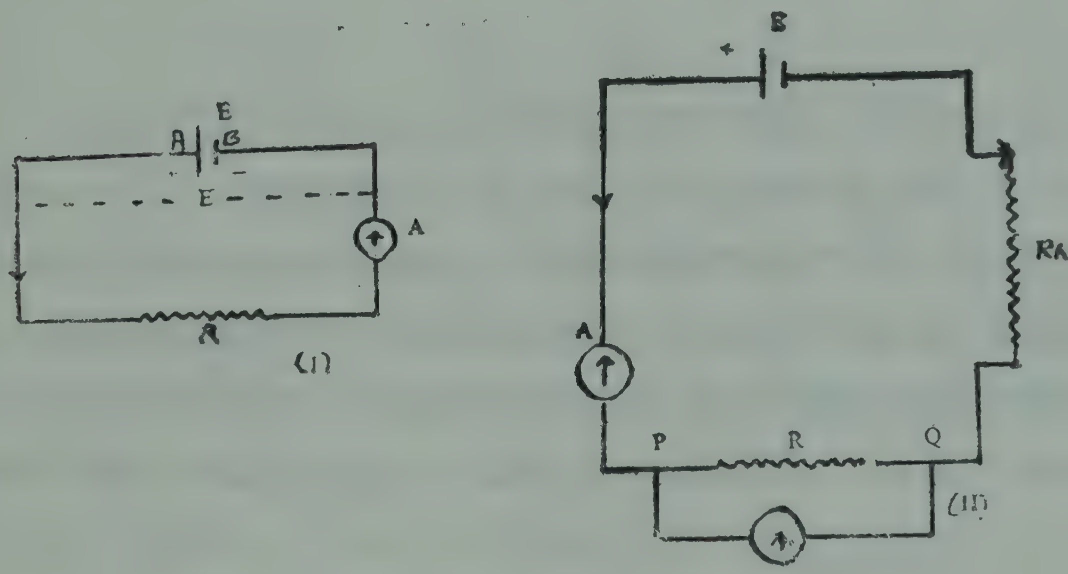
ಅಥವಾ $R = R_0\,(1 + \alpha t)$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

$\propto$ = ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧಕ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಗುಣಾಂಕ
(temperature coefficient of resistance)

ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ರೋಧ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮಾಪಕ (Platinum Resistance Thermometer) ಗಳು ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿವೆ

6.2 ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲಗಳ ರಚನೆ

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲವನ್ನು ರಚಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶ (electric battery)ವು ಇರಬೇಕು. ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಕೋಶಗಳನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಡೈನಮೋ (dynamo) ವನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಕೋಶಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದಲೂ, ಡೈನಮೋದಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಪರಿವರ್ತನೆಯಿಂದಲೂ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಬಹುದು. ಇದರ ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶವೇನೆಂದರೆ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ರಚನೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಚಾಲಕ ಶಕ್ತಿ (electro-motive force)ಯನ್ನು ಒದಗಿಸಬೇಕು.



ಚಿತ್ರ 6.1 ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದ ರಚನೆ

ಚಿತ್ರ 6.1 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಒಂದು ಸರಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲವಲ್ಲಿ, A,B ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶ, R ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧವ ಬಾಹ್ಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ, A ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ (ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ರೋಧವ) ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕಗಳೂ ಇರಬಹುದು. ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಬಂಧಕ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳನ್ನು ರೇಖಾ ರೂಪದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಅಂದರೆ. A ಧ್ರುವದಿಂದ, ಹೊರಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಚಲನವು, ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ, RA ಮೂಲಕ, ಹರಿದು, B ಧ್ರುವವನ್ನು ತಲಪಿ ಅಲ್ಲಿ ಕೋಶದೊಳಗೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ದ್ರವಗಳ ಮೂಲಕ, ಮತ್ತೆ A ಬಿಂದುವನ್ನು ಸೇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥ ಕೋಶದೊಳಗಿನ ಅಂತರ ರೋಧ ವನ್ನು r ಎಂದು ಸೂಚಿಸಬಹುದು. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವದ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ (conservation of energy) ಸಮರ್ಥಿಸು ವುದರ ಮೂಲಕ, ಓಂ ಸೂತ್ರವನ್ನೇ ಇಡೀ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲಕ್ಕೆ ವಿಸ್ತರಿಸಿದಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಶಕ್ತಿಗೆ ಒಂದು ಅರ್ಥವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕು. ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಮುಖ್ಯ ಕರ್ತವ್ಯ. ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ, A ಧ್ರುವದಿಂದ, ಬಾಹ್ಯ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ R ಮೂಲಕವೂ, B ಧ್ರುವದಿಂದ A ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಕೋಶದೊಳಗೆ ಅದರ ದ್ರವಗಳ ಮೂಲಕವೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಅನಿರ್ಬಂಧಿತವಾಗಿ ಸಾಗುತ್ತಿದೆ. ಹೀಗೆ ಇರುವಾಗ, ಹೊರಮಂಡಲದಲ್ಲಿಯೂ, ಕೋಶದ ಒಳಗೂ, ಪೂರ್ಣ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ 1 ಕೂಲಾಂಬ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ ಅವಶ್ಯಕವಾಗುವ ಜೂಲ್ ಪ್ರಮಾಣದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮಾನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳನ್ನೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಶಕ್ತಿ (E. M. F.) ಎಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

E ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ (E. M. F.) ಆದರೆ, ಬಾಹ್ಯ ಮಂಡಲದ R ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧದ ಮೂಲಕ I ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ, ಇದೇ ಕೋಶದೊಳಗಿನ r ಓಂಗಳ ಮೂಲಕವೂ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತದೆ. 1 ಕೂಲಾಂಬ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಇಡೀ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವಾಗ, ಕೋಶವು E ಜೂಲ್‌ಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ R ಓಂ ಗಳ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವಾಗ E^1 ಜೂಲ್‌ಗಳೂ, r ಓಂ ಗಳ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವಾಗ, e ಜೂಲ್‌ಗಳೂ ಬೇಕಾವರೆ

$$E = E^1 + e$$

ಈ ಎರಡು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಓಂ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ.

$$E' = IR, \quad e = Ir$$

$$E = E' + Ir$$

$$E' = E - Ir \qquad 6.7$$

ಇದು ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಪರಿಣಾಮ

$E = 1.5$; $r = 1$ ಓಂ; $I = 1$ ಆಂಪಿಯರ ಆದರೆ,

A, Bಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು $E^1 = E - Ir = (1.5 - 1) = 0.5$ ವೋಲ್ಟ್. ಅಂದರೆ, ಇಂಥ ಹೆಚ್ಚು ಅಂತರರೋಧವಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಗಳಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ. ಸೀಸದ ಶೇಖರ ಕೋಶಗಳು (lead-accumulators) ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ ಇವುಗಳ r ಪ್ರಮಾಣವು

ಗಮನಾರ್ಹವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅದ್ದರಿಂದ E^1 ಪ್ರಮಾಣವು ಸುಮಾರಾಗಿ E ಇದ್ದಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವನ್ನು ಹೊರಗಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸುವಾಗ E' = (A,B ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ) ಯಾವಾಗಲೂ Eಗಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕು – ಇದನ್ನು ಮುಚ್ಚಿದ ಮಂಡಲ (closed circuit) ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು, ಹೀಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅದರಿಂದ ಎಳೆಯದೆಯೇ ಇರುವಾಗ ($I = o$) $E^1 = E$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ತೆರೆದ ಮಂಡಲ (open cireuit) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಓಂ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಸರಳ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಥಿಸಬೇಕಾದರೆ ಚಿತ್ರ 6.1 (ii) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ರಚನೆಯನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು. ಈ ಮಂಡಲ ದಲ್ಲಿ R ಎಂಬುದು ಹೊರಗಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧ (ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು 1, 2, ಓಂ ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು) Rh ಎಂಬುದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸುವ ಚಲವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧ (rheostat) A ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕದಿಂದ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ I ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳನ್ನು ಅಳೆಯ ಬಹುದು. ಅದೇ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ R ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧದ, P,Q ತುದಿಗಳಿಗೆ ಅಡ್ಡ ಲಾಗಿ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸುವ ವೋಲ್ಟ್ ಮಾಪಕವು (V) ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ E' ವೋಲ್ಟ್ ಗಳನ್ನು ಅಳೆಯುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರದಂತೆ ನೋಡಿಕೊಂಡು, I ಪ್ರಮಾಣ ಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ, E^1 ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಬಹುದು. ಆಗ $\frac{E^1}{I}$ = ನಿಯತಾಂಕ ಎಂದು ತೋರಿಸಬಹುದು.

I (ಆಂ)	E^1 ವೋಲ್ಟು	$\frac{E'}{I}$
—		—
—		—
—		—
—		—

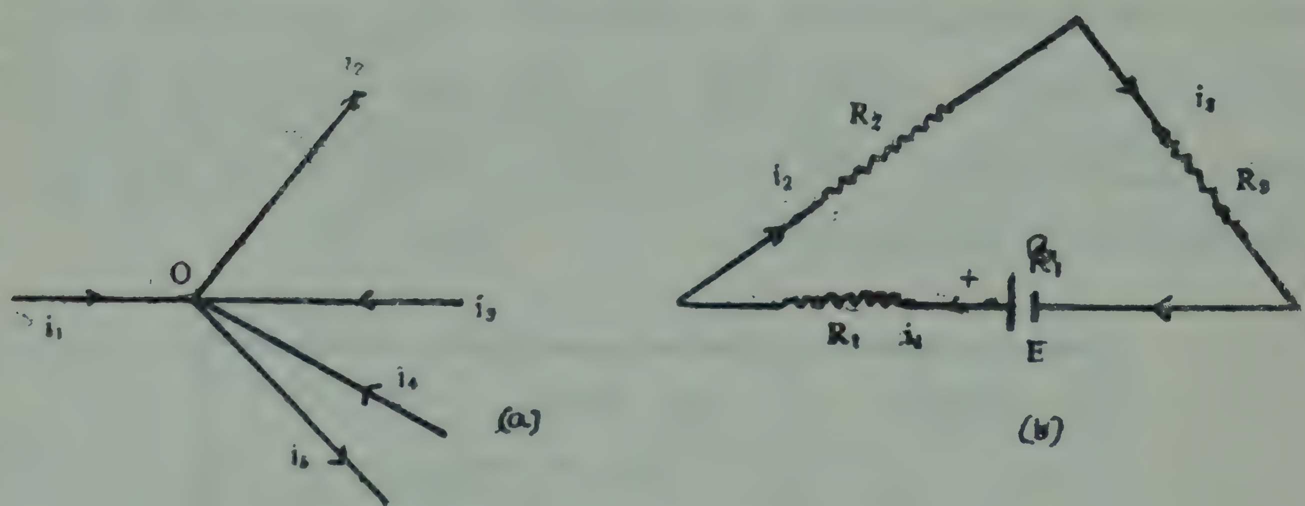
$$\frac{E^1}{I} = \text{ನಿಯತಾಂಕ}$$

6.3 ಕಿರ್ಷಾಫ್ ನಿಯಮಗಳು

ವಿವಿಧ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವಾಗ, ಆಯಾ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆವಶ್ಯಕತೆಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತವಾಹಕಗಳನ್ನು ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಶ್ರೇಣಿ ಅಥವಾ ಶಾಖೆಗಳ (series or parallel) ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಹೊಂದಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಹರಿಯುವ ಶಾಖೆಗಳು ಸೇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಒಂದು ಜಾಲದ (net-work) ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ರೀತಿಯ ಜೋಡಣೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವಾಗ, ಈ ಹಂಚಿಕೆಯು ಕೆಲವು ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಬದ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನೇ ಕಿರ್ಷಾಫ್ ಹೆಸರಿನಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ನಿಯಮಗಳು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳು ಹೀಗಿವೆ:

ಒಂದನೆಯ ನಿಯಮ

ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಬೀಜಾತ್ಮಕ ಮೊತ್ತವು (algebraic sum) ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 6.2 ಕಿರ್ಷಾಫ್ ನಿಯಮಗಳು

ಚಿತ್ರ (ii) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, i_1, i_3, i_4 ಪ್ರವಾಹಗಳು O ಕಡೆಗೂ, i_2, i_5 ಗಳು O ನಿಂದ ಹೊರಗಡೆಗೂ ಹರಿಯುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳ ಬೀಜಮೊತ್ತವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ, ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ, ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಶೇಖರವು ಇರಕೂಡದು. ಆದ್ದರಿಂದ

$$i_1 + i_3 + i_4 - i_2 - i_5 = O \text{ ಅಥವಾ } \Sigma i = O \qquad 6.8$$

ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮ

ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ (closed circuit) ಒಂದೊಂದು ಭಾಗದಲ್ಲಿಯೂ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧಗಳನ್ನೂ ಗುಣಿಸಿ ಬರುವ ಗುಣಲಬ್ಧವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಇಂಥ ಎಲ್ಲ ಗುಣಲಬ್ಧಗಳನ್ನೂ ಬೀಜರೂಪದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿಬರುವ ಮೊತ್ತವು ಆ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿರುವ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್‌ಚಾಲಕಶಕ್ತಿ (e.m.f.) ಗೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು.

ಚಿತ್ರ [6·2 (ii) ನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ ಆ ಜಾಲದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು e. m. f. = E ಮತ್ತು ಮೂರು ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ರೋಧಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ i_1, R_1, i_2, R_2 ಮತ್ತು i_3, R_3 ಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಿಯಮದ

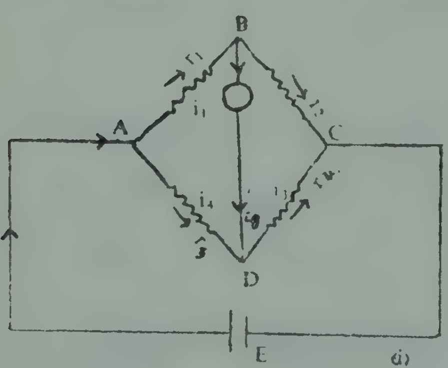
$$i_1R_1+i_2R_2+i_3R_3=E \qquad 6.5$$

ಅಥವಾ $\Sigma iR=\Sigma E$

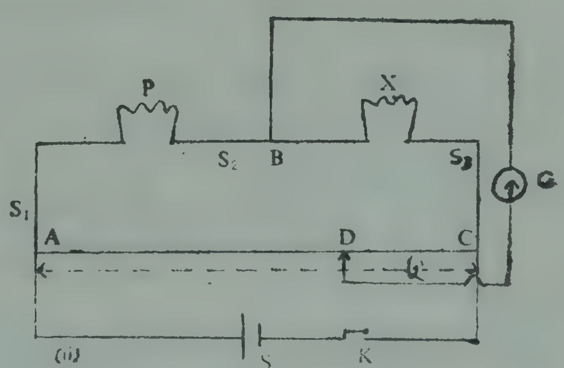
ಸೂಚನೆ : ಒಂದೊಂದು ಶಾಖೆಯಲ್ಲಿಯೂ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಮೇಲ್ಮಟ್ಟದಿಂದ ಕೆಳಮಟ್ಟಕ್ಕಿರುವಾಗ *iR*ಗೆ + ಚಿಹ್ನೆಯನ್ನೂ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ – ಚಿಹ್ನೆಯನ್ನೂ ಸೇರಿಸಬೇಕು.

6.4 ವ್ಹೀಟ್‌ಸ್ಟನ್ ಸೇತುವೆ (ಅಥವಾ ಜಾಲ)

ಈ ಎರಡು ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾಗಿರುವ ವ್ಹೀಟ್‌ಸ್ಟನ್ ಜಾಲದ ಮುಖ್ಯ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದಲೇ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕದ ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.



(i)



(ii)

6.3 ವ್ಹಿಟ್‌ಸನ್ ಸೇತುವೆ

AB, BC, AD, DC ಎಂಬ ನಾಲ್ಕು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಒಂದು ಸೇತುವೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ACಗಳನ್ನು

E ಎಂಬ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಧ್ರುವಗಳಿಗೂ, BDಗಳನ್ನು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ಧ್ರುವಗಳಿಗೂ ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, ನಾಲ್ಕು ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳಾದ, r_1, r_2, r_3 ಮತ್ತು r_4 ಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಹೊಂದಿಸಿದ್ದರೆ, Gವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ನಿಯಮವು ಪಾಲಿಸಲ್ಪಡದೆ ಇದ್ದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. G ನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯವಾಗಬೇಕಾದರೆ,

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4} \qquad 6.10$$

ಈ ನಿಯಮವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು ಕಿರ್ಷಾಫ್ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. A ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರವೇಶಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ i, ABC, ADC ಶಾಖೆಗಳಲ್ಲಿ ಕವಲುಗಳಾಗಿ ಒಡೆದು ಮತ್ತು C ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸಿ, ಕೋಶ Eಗೆ ನಿರ್ಗಮಿಸುತ್ತದೆ.

ಈಗ BD ಶಾಖೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕವು (G) ಇರುವುದರಿಂದ· ಇದರ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ $i_g = 0$ ಆಗ ಬೇಕಾದರೆ.BDಗಳವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಯಟ್ಟಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು.

B ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕಿರ್ಷಾಫ್ ಮೊದಲನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದರೆ,

$$i_1 - i_2 - i_g = 0$$

ಅಥವಾ $i_1 = i_2 + i_g$ 6.11

$i_g = 0$ ಆದರೆ, $i_1 = i_2$ ಆಗಬೇಕು.

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ D ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ

$$i_3 + i_G = i_4$$

$i_g = 0$ ಆಗುವಾಗ, $i_3 = i_4$

ಈಗ, ABD ಮುಚ್ಚಿದ ಮಂಡಲವನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. ಅದಕ್ಕೆ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ,

$$i_1 r_1 + i_g r_g - i_3 r_3 = 0$$

[ಇಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು e. m. f. =0]

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ABCD ವ್ಯೂಹವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ,

$$i_1r_1+i_2r_2-i_4r_4-i_3r_3=0$$

ಆದರೆ. 6.11, 6.12 ಸಮೀಕರಣಗಳಂತೆ $i_1=i_2$; $i_3=i_4$

$$\therefore i_1r_1=i_3r_3$$

$$i_1(r_1+r_2)=i_3(r_3+r_4)$$

$$\frac{r_1}{r_1+r_2}=\frac{r_3}{r_3+r_4}$$

$$\frac{r_1}{r_2}=\frac{r_3}{r_4}$$

ಇದೇ 6.10 ಸಮೀಕರಣ.

ಇದನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿಯೇ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ದತ್ತ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ತಂತಿಯು ರೋಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಚಿತ್ರ [6 3 (ii)]ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಮೀಟರ್ ಸೇತುವೆ (metre bridge)ಯ ಉಪಕರಣವು ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ಮರದ ಹಲಗೆಯ (board) ಮೇಲೆ AC ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಒಂದು ಸಮರೂಪ ಅಡ್ಡಳತೆಯ ತಂತಿಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿ ಇದರ ಎರಡು ತುದಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬಂಧಕ ತಿರುಪುಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. AC ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ S_1, S_3 ಎಂಬ ಅಗಲ ಮತ್ತು ದಪ್ಪವಾದ ಲೋಹದ ಫಲಕಗಳನ್ನು ಬೆಸೆದಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಮತ್ತೊಂದು ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ತೆರವು ಪ್ರದೇಶಗಳು (gaps) ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರದೇಶಗಳ ನಡುವೆ S_2 ಎಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ಲೋಹದ ದಪ್ಪ ಫಲಕವು ಬೆಸೆದಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ B ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಂಧಕ ತಿರುಪು ಇರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗ ವಿಧಾನವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.

AC ತುದಿಗಳನ್ನು S ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶದ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಬೆಣೆ (key) k ಯ ಮೂಲಕ ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಎಡಗಡೆ ತೆರವಿನಲ್ಲಿ P ಎಂಬ ಗೊತ್ತಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧವನ್ನು ಸಂಧಿಸಿದೆ. ಇದು 1, 2, 5 ಓಂ ಗಳಾಗಿರಬಹುದು ನಾವು ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕೆಂದಿರುವ ತಂತಿಯನ್ನು (X) ಬಲಗಡೆ ತೆರವು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ (gap) ಬಂಧಿಸಿದೆ. B ತಿರುಪನ್ನು G ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಮಾಪಕ (ಸೂಕ್ಷ್ಮ)ದ ಒಂದು ತುದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ, ಅದರ ಇನ್ನೊಂದು ತುದಿಯನ್ನು D ಎಂಬ ಚೂಪಾದ ಸಂಪರ್ಕ ಬೆಣೆ (contact key) ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ. ಇದನ್ನು A, C ಗಳ ನಡುವೆ ಯಾವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಬೇಕಾದರೂ, ಆದಮಿ ಚಲಿಸುತ್ತ ಹೋಗಬಹುದು.

ಈಗ, ಚಿತ್ರ 6.3. (i) ಮತ್ತು (ii) ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಇರುವ ಸಂಪೂರ್ಣ ಹೋಲಿಕೆಯನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. S_1,S_2,S_3, ತುಂಡುಗಳು ದಪ್ಪನಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ರೋಧಗಳನ್ನು ಗಮನಾರ್ಹವಲ್ಲವೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ಈ ಎರಡು ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿದರೆ, AC ಭಾಗವು ಒಂದು ತಂತಿಯಾಗಿದ್ದು ಚಲಿಸುವ ತುಂಡಿನಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟಾಗ, AD, DC ಭಾಗಗಳು r_3, r_4 ಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, AD ಭಾಗದ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧ ಮತ್ತು DC ಭಾಗದ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ. AC ಉದ್ದವು 100 ಸೆಂ. ಮೀ. ಗಳಾಗಿದ್ದು $AD = l_1$, $DC = l_2$ ಆದರೆ,

$r_3 = l_1$ ಸೆಂ. ಮೀ.ಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧ $= \rho l_1$ [$\rho_1 = 1$ ಸೆಂ. ಮೀ. ಉದ್ದದ ರೋಧ]

$r_4 = l_2$ $(100-l_1)$ ಸೆಂ. ಮೀ ಗಳ ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧ $= \rho l_2$

A'C, ತುದಿಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಕ್ಕೆ ಬಂಧಿತವಾಗಿವೆ.

A B ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವPರೋಧವೇ r_1ಆಗುತ್ತದೆ. (ದಪ್ಪ ಭಾಗಗಳ ರೋಧ=0)

B C ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ = ರೋಧವೇ r_1 ಆಗುತ್ತದೆ (,,)

B'D ಗಳ ನಡುವೆ b ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕವಿದೆ.

ಈಗ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಿದ ನಂತರ.

P = 1 ಓಂ ಆಗಿದ್ದು, D ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಚಲಿಸುವ ತುಂಡನ್ನು, ತಂತಿಯಮೇಲೆ A ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಮೆದುವಾಗಿ ಆಡುಮುತ್ತ ಹೋದರೆ, G ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುವುದು ಕಾಣುವುದು. ಹೀಗೆ ಸರಿಸುತ್ತ ಹೋದಾಗ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಿಂದು (D)ಬಂದಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ಸೂಚಿಯು ಅಲುಗುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ ಅದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುವುದಿಲ್ಲ. Dಗೆ ಎಡಗಡೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಸರಿಸಿದರೆ. ಒಂದು ಕಡೆಗೂ, D ಯ ಲಂಬಭಾಗಕ್ಕೆ ಸರಿಸಿದರೆ, ವಿರೋಧ ಕಡೆಗೂ ಸೂಚಿಯು ವಾಲುವುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ನಿಖರವಾಗಿ D ಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಿ, ಸ್ಕೇಲಿನ ಮೇಲೆ $AD = l_1$; $DC = l_2$, ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು.

ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ,

6.10 ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ

$$\frac{P}{X} = \frac{AD \text{ ಭಾಗದ ರೋಧ}}{DC \text{ ಭಾಗದ ರೋಧ}} = \frac{\rho l_1}{\rho l_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

$$\frac{P}{X} = \frac{l_1}{100 - l_1} \qquad 6.13$$

$$X = \frac{P(100 - l_1)}{l_1}$$

P ಯ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿ, ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ l_1, l_2 ಗಳು ಬದಲಾಗಿ, X ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

P	l_1	$l_2 = 100 - l_1$	$X = P\frac{l_2}{l_1}$
1~	—	—	—
2~	—	—	—
5~	—	—	—

X = ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯ =

ಈ ಮೂರು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಲೂ ಬರುವ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಸರಾಸರಿಯೇ X ಆಗುವುದು. ಇದಾದ ನಂತರ, ತಂತಿಯ ಉದ್ದ L ಸೆಂ.ಮೀಗಳನ್ನು ಸ್ಕ್ರೂಗೇಜಿನಿಂದ , ಸೆಂ.ಮೀ. ತ್ರಿಜ್ಯದ ಅಡ್ಡಳತೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

$$\sigma = \text{ನಿರ್ದಿಷ್ಟರೋಧ} = \frac{X \pi r^2}{L} = \text{ಓಂ. ಸೆಂ. ಮೀ.} \qquad 6.14$$

ಇದನ್ನೇ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಿ, ಒಂದು ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧದ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಗುಣಾಂಕ $\propto$ (temperature coefficient of resistance) ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈ ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯನ್ನುಒಂದು ಚಂಚುಪಾತ್ರೆಯ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಮಜ್ಜನ ಮಾಡಿಸಿ, ಅದರ ಎಳೆತಂತಿಗಳನ್ನೂ ಚಿತ್ರ [6.3 (ii)] ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಬಲಗಡೆಯ ತೆರವು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ X ಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಬಂಧಿಸಬೇಕು.

ನೀರಿನ ತಣ್ಣೀರು ಉಷ್ಣಾಂಶವು t_1°C ಆಗಿದ್ದಾಗ, ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು

ಮಾಡಿ, ಸುರಳಿಯ ರೋಧ (X_1)ವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶನ ಮಾಡಬೇಕು. ತಣ್ಣೀರಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಕುದಿಯುತ್ತಿರುವ ನೀರನ್ನು ಇಟ್ಟು ಇದರ ಉಷ್ಣಾಂಶ $t_2{}^0C$ ಆಗಿರುವಾಗ, ಸುರಳಿಯ ರೋಧವು X_2 ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೂ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

$$X_1 = X_0\,(1+at_1)$$

$$X_2 = X_0\,(1+at_2) \qquad [X_0 = 0^0C \text{ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ರೋಧ}]$$

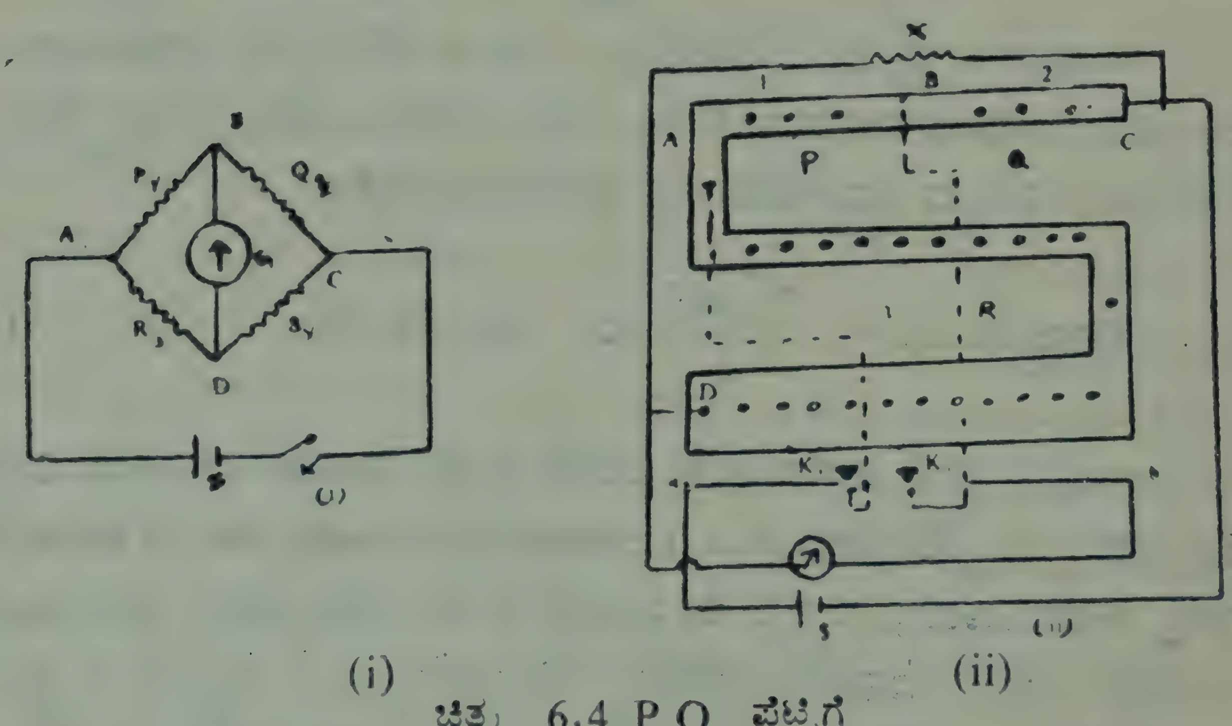
$$\frac{X_1}{X_2} = \frac{(1+at_1)}{(1+at_2)}$$

$$\alpha = \frac{X_2 - X_1}{(X_1 t_2 - X_2 t_1)} \qquad 6.14$$

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗವಾಗುವ, 1, 2, 3, 4 ಓಂಗಳ ರೋಧಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ತಂತಿ ಸುರಳಿಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿ ಬಾಬಿನ್(bobbin) ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಬಹುದು.

6.5 P. O. ಪೆಟ್ಟಿಗೆ

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ತತ್ವಗಳನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿರುವ ಮತ್ತೊಂದು ಮಾದರಿಯ ಉಪಕರಣವೇ P.O. ಪೆಟ್ಟಿಗೆ.



(i) (ii)

ಚಿತ್ರ 6.4 P.O. ಪೆಟ್ಟಿಗೆ

6.3 ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ನಾಲ್ಕು ಬಾಹುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ವೀಟ್‌ಸ್ಟನ್ ಪ್ರಾಹವನ್ನೇ ಮಾದರಿಯನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಮೂರು ಬಾಹುಗಳಲ್ಲಿ ಗೊತ್ತಾದ

ರೋಧಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ನಾಲ್ಕನೆಯದರಲ್ಲಿ ನಾವು ಕಂಡುಹಿಡಿಯು ಬೇಕೆಂದಿರುವ ತಂತಿಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. 6.4 ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಸಾಮ್ಯತೆಯು ಎತ್ತಿಕಾಣುವುದು.

1-2ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ AB,BC ಬಾಹುಗಳು (ii) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿಯೂ ಇವೆ. ಈ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, 10, 100, 1000 ಓಂಗಳ ರೋಧಗಳಿವೆ. 3ನೆಯ ಬಾಹುವಾದ (AD)ಯು ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಇದ್ದು ಇದರಲ್ಲಿ(R) 1, 2, 5,... 1000 ವರೆಗೆ ಓಂಗಳ ರೋಧಗಳು ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಬಲಗಡೆ ಮೇಲುತುದಿ Cಗೂ, ಎಡಗಡೆ ಕೆಳತುದಿ Dಗೂ ನಡುವೆ ನಮ್ಮ ಪರೀಕ್ಷಾರೋಧವನ್ನು ಬಂಧಿಸ ಬೇಕು. ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಆಂತರಿಕ ಸಂಪರ್ಕದ ಮೂಲಕ. A,B ಗಳ್ಳು ಕೆಳಗಡೆ ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಲ್ಲಿಯೂ a,b ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ತಿರುಪುಗಳೊಂದಿಗೆ K_1, K_2 ಬೆಣೆಗಳ ಮೂಲಕ ಸಂಪರ್ಕವಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, A,B ಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, a,b ಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶ ಮತ್ತು G ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿಸಿರು ತ್ತದೆ. ಉಳಿದಿರುವ C ಯನ್ನು ಕೋಶಕ್ಕೂ D ಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕಕ್ಕೂ ಬಂಧಿಸಿದರೆ ಎಲ್ಲ ರಚನೆಯ ಕ್ರಮಗಳೂ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗುತ್ತವೆ.

ಈಗ ಎರಡು ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿದರೆ,

G ಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯವಾದಾಗ

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{X}$$

ಅಥವಾ $X = \frac{Q}{P} R$

ಇದನ್ನು ಹಂತ ಹಂತವಾಗಿ ಮಾಡಬೇಕು.

(i) $P = 10\ \Omega$; $Q = 10\ \Omega$ ಮಾಡಬೇಕು

$$\frac{Q}{P} = 1$$

K_1, K_2 ಬೆಣೆಗಳನ್ನು ಒತ್ತಿ, ಮೊದಲನೆಯ 3ನೆಯ ಬಾಹುವಾದ (AD) R ಮೌಲ್ಯ ವನ್ನು ಮೊದಲು 1Ω (1ಓಂ) ಮಾಡಿ. b ಯಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಯು ಯಾವ ಕಡೆ ತಿರುಗು ತ್ತದೆ ಎಂದು ನೋಡಬೇಕು. ಇದು ಎಡಗಡೆಯಾಗಿರಲಿ. ಅನಂತರ $R = 2\Omega$ ಆದಾ

ಗಲೂ, ಸೂಚಿಯು ತಿರುಗುವ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಇದು ಎಡಗಡೆ ಇಪ್ಪ ಕಡಮೆಯಾಗಿರಬಹುದು. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ R = 3Ω ಆದಾಗ, ಸೂಚಿಯು ಬಲಗಡೆ ತಿರುಗುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ.

ಇದರಿಂದ ನಮಗೆ ತಿಳಿಯುವುದೇನೆಂದರೆ

$$X = \frac{Q}{P} R$$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ

$$\frac{Q}{P} = 1$$ ಆದಾಗ,

X ಮೌಲ್ಯ 2Ω ಗೂ 3Ω ನಡುವೆ ಇರುವುದಾಗಿ ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ, ಈಗಾಗಲೇ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಸೂಚಿಯು ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ತಿರುಗುತ್ತದೆ.

(ii) P = 100 Ω; Q = 10 Ω

$$\frac{P}{Q} = 10; \; X = \frac{Q}{P} \cdot R = \frac{1}{10} R$$

ಹಿಂದಿನ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನೇ ಮುಂದುವರಿಸಿ ಮೂರನೆಯ ಬಾಹುವಾದ AD ಯಲ್ಲಿ R ಮೌಲ್ಯವನ್ನು 20 Ω ದಿಂದ 30 Ω ನಡುವೆ ಇರುವಂತೆ ಕ್ರಮವಾಗಿ 21, 22, ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು.

ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, R = 26Ωಗೆ ಸೂಚಿಯು ಎಡಕ್ಕೂ
R = 27Ωಗೆ ಸೂಚಿಯು ಬಲಕ್ಕೂ ತಿರುಗುವಂತೆ ಇರಬಹುದು.

ಇದರಿಂದ $X = \left(\frac{1}{10} \times 26\right)$ಗೂ, $\left(\frac{1}{10} \times 27\right)$ ಗೂ ನಡುವೆ ಇರುವುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ 2.6 ಮತ್ತು 2.7ಗಳ ನಡುವೆ ಇರಬೇಕು.

iii) P = 1000 Ω; Q = 10

ಆದಾಗ, $\frac{P}{Q} = 100; \; X = \frac{Q}{P} \cdot R = \frac{R}{100}$

ಆದ್ದರಿಂದ ಈಗಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ R = 264Ω ಮತ್ತು R = 265Ω ಆಗಿರುವಾಗ G ಯ ಸೂಚಿಯು ಎಡಕ್ಕೂ ಬಲಕ್ಕೂ ತಿರುಗುವುದು ತಿಳಿಯಬರಬಹುದು.

∴ X = 2.64 ಗೂ 2.65 ಗೂ ನಡುವೆ ಇರುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇನ್ನೂ ನಿಖರವಾಗಿ ಮೂರನೆಯ ದಶಮಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು G ಮಾಪಕವು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿದ್ದರೆ

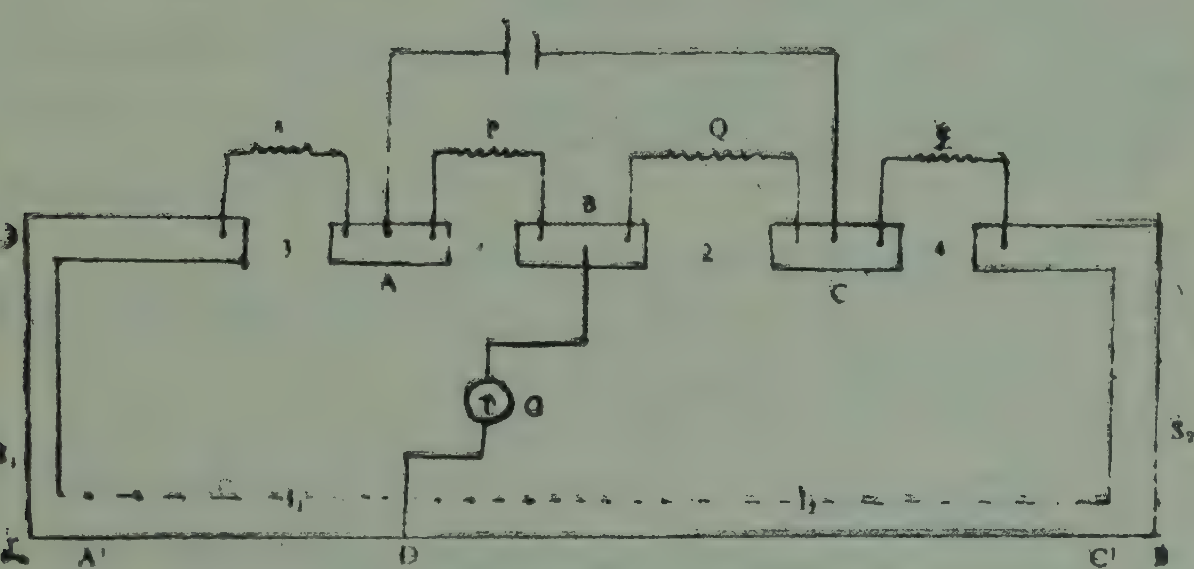
R = 264 ಆಗಿದ್ದಾಗ ಎಡಕ್ಕೆ 3 ವಿಭಾಗಗಳು

R = 265 ಆದಾಗ ಬಲಕ್ಕೆ 2 ವಿಭಾಗಗಳೂ ಸೂಚಿಯು ಪಲ್ಲಟವಾಗಿದ್ದರೆ ದಾಮಾಷಾರೀತಿಯಲ್ಲಿ R = 264.6 ಆದಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯವಾಗುವ ಸಂಭವವಿರುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ X = 2.646 ಓಂಗಳೆಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು.

6.6 ಕೇರೀಫಾಸ್ಟರ್ ಉಪಕರಣ

ಮೀಟರ್‌ಬ್ರಿಡ್ಜ್ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ ಈ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ ರೋಧಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರೀತಿಯ ವಿಧಾನವೆಂದು ತಿಳಿಯುಬಹುದು. ಎರಡು ರೋಧಗಳು ಅತಿ ಸಮೀಪ ದಲ್ಲಿರುವಾಗ ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಇವರಿಂದ ಅನುಕೂಲವಾಗುತ್ತದೆ. ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಿಂದ ಇದರ ವಿಧಾನವನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 6.5 ಕೇರಿಫಾಸ್ಟರ್ ಸೇತುವೆ

X,Y ಎಂಬ ಎರಡು ರೋಧಗಳು ಸಮೀಪ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಇವುಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು (X − Y) ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

A'C' ತಂತಿಯ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ದಪ್ಪನಾದ S_1, S_2 ಲೋಹಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ಬೆಸೆಸಿದೆ. ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವಂತೆ, 1, 2 ಎಂಬ ಮಾಮೂಲು ತೆರವು ಪ್ರದೇಶಗಳ ಜೊತೆಗೆ, ಇವುಗಳ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ 3, 4 ಎಂಬ ಮತ್ತೆರಡು ತೆರವು ಪ್ರದೇಶಗಳು ಇರುತ್ತವೆ.

A,Cಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಕ್ಕೂ, B,Dಗಳನ್ನು G ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕಕ್ಕೂ ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತದೆ. D ಎಂಬುದು ಚಲಿಸಬಹುದಾದ ಚೂಪಾದ ಲೋಹದ ಸಂಪರ್ಕತುಂಡು (moving contact).

1, 2 ತೆರವುಗಳಲ್ಲಿ P,Q ಗಳೆಂಬ ಎರಡು ಗೊತ್ತಾದ ರೋಧಗಳಿವೆ.

3, 4 ತೆರವುಗಳಲ್ಲಿ ಪರೀಕ್ಷಾರ್ಥವಾದ X,Y ಗಳು ಇರುತ್ತವೆ.

ಇದೂ ಮೀಟರ್ ಸೇತುವೆಯಂತೆಯೇ ಇದ್ದು, A,Cಗಳ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, X, Y ಮತ್ತು S_1,S_2ಗಳು ಇರುತ್ತವೆ.

ಈ ಉಪಕರಣದ ಒಂದು ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೇನೆಂದರೆ. A' B' ತಂತಿಯ ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಸೆದಿರುವ ದಪ್ಪನಾದ ಲೋಹದ ಪಟ್ಟಿಗಳ ರೋಧಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

S_1,S ಗಳಿಗೆ ಸಮನಾದ ರೋಧಗಳು a, βಗಳಾಗಿರಲಿ.

D ಬಿಂದುವು ಶೂನ್ಯಬಿಂದು (null point) ಆದಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿದ್ದರೆ, ನಾವು $A'D = l_1$; $DC' = l_2$ $(l_1 + l_2 = 100)$ಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಬಹುದು.

ವ್ಹೀಟ್‌ಸ್ಟನ್ ಸೇತುವೆಯ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ,

(i) $$\frac{P}{Q} = \frac{X + l_1\rho + \alpha}{Y + l_2\rho + \beta}$$ (= A' C' ತಂತಿಯ ಒಂದು ಸೆಂ.ಮೀ. ಉದ್ದದ ರೋಧ) 6.15

P,Qಗಳು ಹಾಗೆಯೇ ಇದ್ದು, X, Yಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಸ್ಥಾನ ಬದಲಾಯಿಸಿ, 3 ತೆರವಿನಲ್ಲಿ Y ಯನ್ನೂ 4 ತೆರವಿನಲ್ಲಿ X ಅನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, $A'D' = l_1'$; $D'C' = l_2$, ಆಗಿರಲಿ.

$$\frac{P}{Q} = \frac{Y + l_1'\rho + a}{X + l_2'\rho + \beta} \qquad 6.16$$

6.15 ಸಮೀಕರಣದಿಂದ

$$\frac{P}{P+Q} = \frac{X+l_1 P+\alpha}{X+Y+(l_1+l_2) P+\alpha+\beta} \qquad 6.17$$

6.16 ಸಮೀಕರಣದಿಂದ

$$\frac{P}{P+Q} = \frac{Y+l_1P+\alpha}{(X+Y)+(l_1'+l_2') P+\alpha+\beta} \qquad 6.18$$

6.17 ಮತ್ತು 6.18 ಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ, $(l_1+l_2) = (l_1'l_2')$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ

$$(X+l_1\rho+\alpha) = Y+l_1'\rho+\alpha$$

ಅಥವಾ $X = Y+(l_1'-l_1)\rho$

$$(X-Y) = (l_1'-l_1)\rho \qquad 6.19$$

P = A'C' ತಂತಿಯ 1cm ಉದ್ದದ ರೋಧವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇದು ಎಷ್ಟು ಕಡಮೆಯಾಗಿದ್ದರೆ ಅಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ $(X-Y)$ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಈಗ ρ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕೂಡ ಸರಳವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$$X = 0.1\,\Omega; = \frac{1}{10}\ \Omega$$

$Y = O$ (ಬಹಳ ದಪ್ಪ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು)
ಇರುವಾಗ ಶೂನ್ಯಬಿಂದು Null point) Dಯನ್ನು ಮೇಲಿನ ಎರಡು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಲೂ [(i) ಮತ್ತು (ii)] ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಈ ಉದ್ದಗಳು ಎಡಗಡೆಯ (A') ತುದಿಯಿಂದ L_1, L_1' ಗಳಾಗಿರಲಿ.

ಆಗ, 6.19 ಸಮೀಕರಣದಿಂದ

$$\frac{1}{10} = (L_1{}^1 - L_1)\,\rho$$

$$P = \frac{1}{10\,(L_1' - L_1)} \qquad 6.20$$

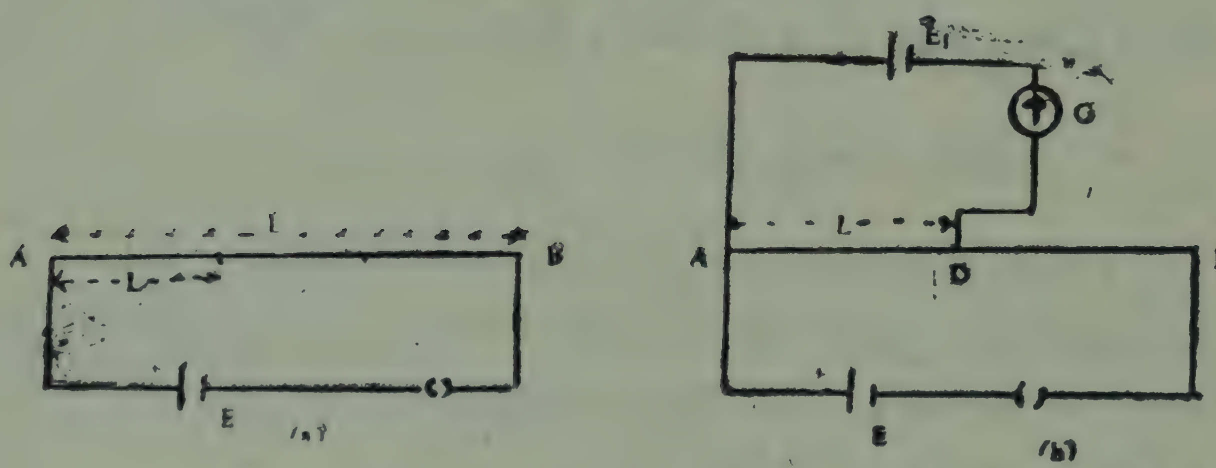
ಇದರಿಂದ ρ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಮೇಲಿಸಂತೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಬಹುದು. ಇದರ ಮುಖ್ಯ ಗುಣಗಳೆಂದರೆ,

(1) ತಂತಿಗಳ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳು α ಮತ್ತು β ತಿಳಿಯ ಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. (2) (X – Y) ಮೌಲ್ಯವು A′C′ ತಂತಿಯ ರೋಧಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆ ಯಾಗಿರಬೇಕು.

6.7 ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಮಾಪಕ

ಇದುವರೆವಿಗೂ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕಗಳ ರೋಧಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲು ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಸಾಧನಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಿದ್ದಾಯಿತು. ಇನ್ನು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಗಳನ್ನೂ (potential differences) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನೂ ಅಳೆಯಲು ಸಹಕಾರಿಯಾಗುವ ಕೆಲವು ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಬೇಕು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾದುದು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಮಾಪಕ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನೇರವಾಗಿ ಓದಬಹುದಾದ ವೋಲ್ಟ್ ಮಾಪಕಗಳಿಗಿಂತ ಈ ಉಪಕರಣವು ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಅಂದರೆ, ಮಿಲ್ಲಿ ವೋಲ್ಟ್, ಮೈಕ್ರೊವೋಲ್ಟ್ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಕೂಡ ಅಳೆಯಲು ಸಹಾಯಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

(i) ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಮಾಪಕದ ತತ್ತ್ವ



ಚಿತ್ರ 6.6 ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಮಾಪಕ

ಇದರ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇದರಲ್ಲಿ AB ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಸಮರೂಪ ತಂತಿಯ ಎರಡು ತುದಿಗಳಿಗೂ E ಎಂಬ ಒಂದು ಸ್ಥಿರವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಬಲದ (e. m. f.) ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಧ್ರುವಗಳು ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಇದು ಒಂದು ಸ್ಟೋರೇಜ್ ಕೋಶ (storage cell) ಆಗಿದ್ದು ಇದರ e. m. f. = 2 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಾಗಿಯೂ, ಅಂತರಿಕರೋಧ (internal resistance)ವು ಗಮನಾರ್ಹವಲ್ಲದ್ದೂ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. AB ತಂತಿಯ ರೋಧವು ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೇ (ಅಂದರೆ 6, ಅಥವಾ 10 ಓಂ ಗಳು) ಇದ್ದರೆ ಒಳ್ಳೆಯದು.

AB ತಂತಿಯ ರೋಧವು R ಓಂ, E ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ e. m. f. = E ವೋಲ್ಟ್, ಅದರ ಅಂತರ ರೋಧ = r ಓಂ; ABಯ ಉದ್ದ = L ಸೆಂ. ಮೀ. ಗಳು, $\rho = 1$ ಸೆಂ. ಮೀ. ಉದ್ದದ ರೋಧ ಆಗಿದ್ದರೆ,

AB ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ = I ಆಂಪಿಯರ್ ಆದರೆ,

$$I = \frac{E}{R+r}$$

AB ಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (P.D) $= IR = \frac{ER}{R+r}$ ವೋಲ್ಟ್,

ಈಗ r ಗಮನಾರ್ಹವಿಲ್ಲದೆ ಇದ್ದು R ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, ಇದನ್ನು E ವೋಲ್ಟ್ ಗಳು ಎಂದು ಹೇಳಿದರೂ ತಪ್ಪಾಗಲಾರದು.

AB ತಂತಿಯ ಉದ್ದವು L ಸೆಂ.ಮೀ.ಗಳಾಗಿದ್ದರೆ ಅದರ ರೋಧ $= Lp = R$ ಒಂದು ಸೆಂ. ಮೀ. ಉದ್ದಕ್ಕೆ ಇದರ ರೋಧವು ρ.

AB ತಂತಿಯ ಮೇಲೆ X ಬಿಂದುವು l ಸೆಂ. ಮೀ. ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, $AX = l$

A,D ಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $= Il\rho$.

A,B ಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $= IL\rho$

$$\therefore \frac{\text{A,D ಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ}}{\text{A,B ಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ}} = \frac{Il\rho}{IL\rho} = \frac{l}{L} = \frac{AD}{AB} \quad 6.21$$

A,B ಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ E ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಾದರೆ,

A,D ಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $= \frac{l}{L}$ E ವೋಲ್ಟ್

$L = 100$ ಸೆಂ. ಮೀ. $l = 10$ ಸೆಂ. ಮೀ. ಆದರೆ,

ಇದು $\frac{10}{100} \times 2 = 0.2$ ವೋಲ್ಟ್

$l = 1$ ಸೆಂ. ಮೀ. ಆದರೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $= \frac{2}{100} = 0.02$ ವೋಲ್ಟ್,

ಅಂದರೆ ಈ ಸಣ್ಣ ಉಪಕರಣದಿಂದ 0.02 ವೋಲ್ಟ್ ಅಷ್ಟು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ವನ್ನು ಅಳೆಯಬಹುದು. ತಂತಿಯನ್ನು ಒಂದು ಸ್ಕೇಲ್ ಅಳತೆಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲೆ ಇಟ್ಟರೆ, ಇದರಲ್ಲಿ 1 ಮಿ. ಮೀ. ವರೆಗೂ ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯತೆ ಇರುವುದರಿಂದ,

$$1 \text{ ಮೀ. ಮೀ. ಉದ್ದದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ} = \frac{2}{1000} = 0.002 \text{ ವೋಲ್ಟ್.}$$

ಇನ್ನು ಕಡಮೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಇರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಮುಂದೆ ತಿಳಿಸಲಾಗುವುದು.

ಈಗ ಚಿತ್ರ [6.6 (ii)] ವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ,

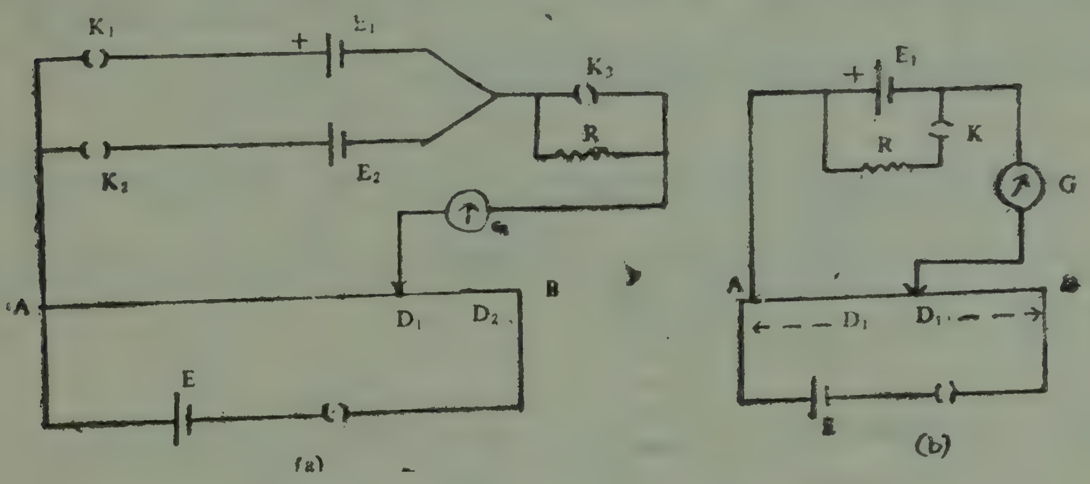
ಹಿಂದಿನಂತೆಯೇ AB ತಂತಿಯ ಎರಡು ತುದಿಗಳಿಗೂ E ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶದ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಪ್ರಧಾನ (main) ಮಂಡಲವೆಂದು ತಿಳಿಯ ಬಹುದು. ಈಗ ತಂತಿಯ A ತುದಿ (+) E_1 ಎಂಬ ಬೇರೊಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶದ ($E_1 < E$)+ ಧ್ರುವವನ್ನು ಬಂಧಿಸಿ, ಅದರ ಮತ್ತೊಂದು ಧ್ರುವವನ್ನು G ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ಮೂಲಕ D ಎಂಬ ಚಲಿಸುವ ಲೋಹದ ಸಂಪರ್ಕದ ತುಂಡಿಗೆ (moving contact) ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದೆ. ಈಗ, D ತುದಿಯನ್ನು ತಂತಿಯ ಮೇಲೆ ಮೆತ್ತಗೆ ಅದು ಮುಕ್ತ A ತುದಿಯಿಂದ ಸರಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು G ಯಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಬಿಂದುವು (balance point) D ಆದರೆ, ಇದರ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, G ಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ವಿರೋಧ ನೇರಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಿರುವಾಗ D ಬಿಂದುವು ಶೂನ್ಯಬಿಂದುವಾದರೆ (null point) A,Dಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು E_1 ಕೋಶದ e.m.f. $= E_1$ ಗೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕಾಗು ತ್ತದೆ. AD $= l_1$ ಸೆಂ. ಮೀ. ಆದರೆ,

$$\text{A,Dಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ} = \frac{E.l}{L} \qquad 6.21$$

ಆದ್ದರಿಂದ $E_1 = \frac{E \cdot l}{L}$ (ಇದರಲ್ಲಿ $E > E_1$ ಆಗಿರಬೇಕು ಎಂದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗು ತ್ತದೆ). ಇದನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಗಳ e.m.f. ಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಹೋಲಿಸಬಹುದು.

(ii) ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಶಕ್ತಿಗಳ ಹೋಲಿಕೆ : ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಅಂತರರೋಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು



6.7 ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಆಂತರರೋಧ

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ತತ್ತ್ವದಿಂದಲೇ, E_1, E_2 ಎಂಬ ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶಗಳ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಚಿತ್ರ (a)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, E_1, E_2 ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶಗಳ + ಧ್ರುವಗಳನ್ನು K_1K_2 ಗಳ ಮೂಲಕ A ತುದಿಗೆ ಬಂಧಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳ – ಧ್ರುವಗಳನ್ನು G ಮಾಪಕದ ಮೂಲಕ D ಎಂಬ ಚಲಿಸುವ ಲೋಹದ ತುಂಡಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿರುತ್ತದೆ.

R ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಹೆಚ್ಚು ರೋಧದ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕವನ್ನು G ಯೊಂದಿಗೆ ಶ್ರೇಣಿ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ (series) ಮೊದಲು ಸಂಯೋಜನೆ ಮಾಡಿದ್ದರೆ, G ಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಹೋಗದಂತೆ ರಕ್ಷಿಸುತ್ತದೆ, ನಿಜವಾದ ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದುವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿದ ಮೇಲೆ, ಇದರ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

ಮೊದಲು K_1 ಮಾತ್ರ ಸಂಯೋಜಿಸಿದ್ದು, D_1 ಶೂನ್ಯವಾಗಿದ್ದರೆ $AD_1 = l_1$. ಇದು E_1 ಕೋಶಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. K_1ಗೆ ಬದಲಾಗಿ, K_2 ಸಂಯೋಜಿಸಿದರೆ ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದುವು D_2ಆಗಿ $AD_2 = l_2$

ಹೀಗಾಗಿ $$\frac{E_1}{E_2} = \frac{El_1}{L} \Big/ \frac{El_2}{L} = \frac{l_1}{l_2} \qquad 6.22$$

E_1ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದರೆ, E_2 ಮೌಲ್ಯವು ಗೊತ್ತಾದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

$E_1 = 1.08$ (ಡ್ಯಾನಿಯಲ್ ಕೋಶ); $l_1 = 54$ ಸೆಂ. ಮೀ.

$E_2 =$ (ಲೆಕ್ಲಾಂಕಿ ಕೋಶ) $l_2 = 70$ಸೆಂ. ಮೀ. ಆದರೆ

$$\frac{1.08}{E_2} = \frac{54}{70}$$

$$E_2 = \frac{70}{54} \times 1.08 = 1.40 \text{ ವೋಲ್ಟ್}$$

ಈಗ ಚಿತ್ರ [6.7(b)] ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಅಂತರರೋಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಇದರಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಬದಲಾವಣೆಯೇನೆಂದರೆ, E_1 ಕೋಶದ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳನ್ನು R ಎಂಬ ಬಾಹ್ಯ ರೋಧಕ್ಕೆ K ಬೆಣೆಯ ಮೂಲಕ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ. R = 1,2,3... ಓಂ ಗಳಾಗಿರಬಹುದು.

ಮೊದಲು, K ಬೆಣೆಯನ್ನು ತೆರೆದಿದ್ದರೆ, R ಮಂಡಲದಲ್ಲಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಆಗ D_1 ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದುವಾದರೆ, $AD_1 = l_1$, $E_1 = \frac{E.\, l_1}{L}$

K ಬೆಣೆಯನ್ನು ಮುಚ್ಚಿದರೆ, E_1 ಕೋಶದಿಂದ R ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದರ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು E_1ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ $E_1{}^1$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಕೋಶದ ಅಂತರರೋಧವು r ಆಗಿದ್ದರೆ

$$E_1{}^1 = \frac{E_1 R}{R + r}$$

ಈಗ, ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದುವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರೆ, ಅದು $D_1{}^1$ ನಲ್ಲಿದ್ದು, Dಗೆ ಎಡಗಡೆ ಇರುತ್ತದೆ.

$AD_1{}^1 = l_1{}^1$ ಆದರೆ, $E_1{}^1 \propto l_1{}^1$

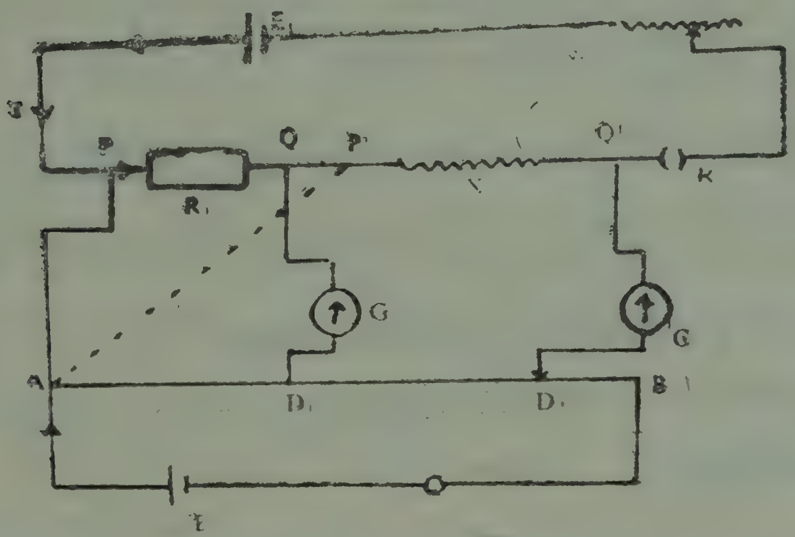
$$\frac{E_1}{E_1'} = \frac{l_1}{l_1{}^1} = \frac{E_1 (R+r)}{E_1 R} = \frac{R+r}{R} = 1 + r/R$$

$$\therefore \; r = R \, \frac{l_1 - l_1'}{l_1'} \qquad 6.23$$

ಅಂದರೆ, R ಬದಲಾಯಿಸಿದಂತೆಲ್ಲ r ಕೂಡ ಬದಲಾಗಬೇಕು. ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ. $l_1 = 54$ ಸೆಂ. ಮೀ. $l_1' = 40.5$ ಸೆ. ಮೀ. R = 2 ಓಂ ಆದರೆ,

$$r = 2 \times \frac{54 - 40.5}{40.5} = \frac{2 \times 13.5}{40.5} = 0.67 \text{ ಓಂ}$$

(iii) ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸುವುದು



ಚಿತ್ರ 6.8 ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು

ಮಾಮೂಲಿನಂತೆ, ABತಂತಿಯೂ, E ಚಾಲಕ ಕೋಶ (driver cell)ವೂ ಪ್ರಧಾನ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. R, X ಗಳು ಎರಡು ರೋಧಗಳಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಬೇಕಾಗಿದ್ದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು E_1 ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶಕ್ಕೆ ಸೇರಿದಂತೆ ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರ ಮೌಲ್ಯದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು (I) ಏರ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ, R_1 ರೋಧದ ತುದಿಗಳನ್ನು (P Q) A ಮತ್ತು G ಮೂಲಕ D ಸಂಪರ್ಕ ತುಂಡಿಗೆ ಸೇರಿಸಿದರೆ, D_1 ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಶೂನ್ಯಬಿಂದುವು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

$AD_1 = l_1$ ಆದರೆ, R_1ರೋಧದ ತುದಿಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $= IR$

$IR \propto l_1$.

ಈಗ, P,Qಗಳ ಬದಲಾಗಿ, P',Q' ಗಳನ್ನು A,Gಗಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದರೆ, D_2 ಎಂಬ ಶೂನ್ಯಬಿಂದುವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. $AD_2 = l_2$

ಈಗ, X ರೋಧದ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $= IX$

$$IX \propto l_2$$

$$\therefore \frac{R}{X} = \frac{l_1}{l_2}$$

$$X = R\,\frac{l_2}{l_1} \qquad 6.24$$

1 ಓಂ ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆ 0.1 ಓಂ ವರೆಗೂ ಇರುವ ರೋಧಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಲು ಇದರಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

$R = 1$ ಓಂ ಆದರೆ,

$X = 1 \frac{l_2}{l_1}$ ಓಂ. ಆಗುತ್ತದೆ.

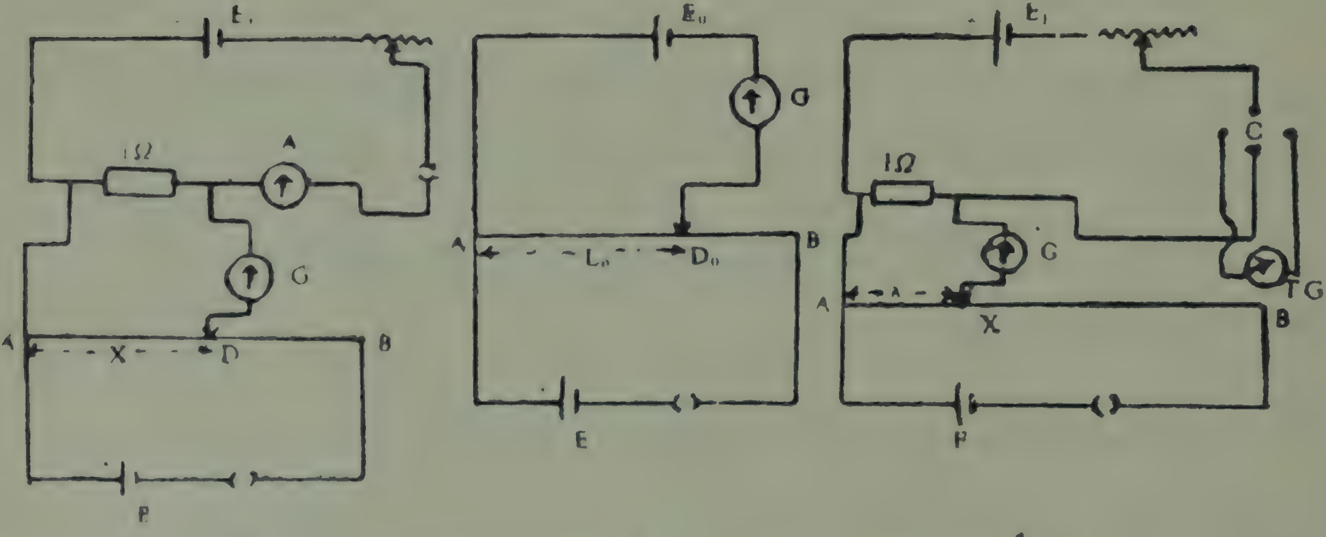
ಇದರಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಆ ತಂತಿಯ ನಿರ್ದಿಷ್ಟರೋಧವನ್ನು (specific resistance) ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದೂ ಒಂದು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ವಿಧಾನ.

(iv) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅಳೆಯುವುದು
ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕದ ಸೂಚ್ಯಾಂಕಗಳಿಗೆ ಕ್ರಮಾಂಕ ನಿರ್ದೇಶನ ಮಾಡುವುದು.

ಟ್ಯಾಂಜೆಂಟ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪದ ನಿಯಕಾಂತವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದು ಅದರ ಮೂಲಕ ಭೂಮಿಯ ಕಾಂತಬಲವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದು

ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಮಾಪಕವ ಮುಖ್ಯ ಉಪಯೋಗವು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಳತೆಯಾಗಿದ್ದರೂ, ಅದನ್ನೇ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಅಳೆಯುವ ಒಂದು ಸಾಧನದಂತೆ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಇದರೊಡನೆ ಟಾಂಜೆಂಟ್ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕವನ್ನು ಸಂಯೋಜಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ H ಪ್ರಮಾಣ ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಆವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು 6.9 ಚಿತ್ರದಿಂದ ವಿವರಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 6.9 ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕದ ಕ್ರಮಾಂಕ ನಿರ್ದೇಶನ

ಇಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಧಾನಮಂಡಲದಲ್ಲಿ, AB ತಂತಿಯೂ, E ಕೋಶವೂ ಇರುತ್ತವೆ. E^1ಕೋಶದೊಂದಿಗೆ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲವನ್ನು ರಚಿಸಿ,

ಇದರಲ್ಲಿ ಶ್ರೇಣಿಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ 1 ಓಂ-ಸುರಳಿ, ಆಂಪಿಯರ್‌ಮಾಪಕ (A) ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಲು ಸಹಾಯಕವಾಗುವ Rh ಎಂಬ ಚಲರೋಧ (Rheostat). 1 ಓಂ. ರೋಧದ ಎರಡು ತುದಿಗಳಾದ P,Q ಗಳನ್ನು ಪ್ರಧಾನ ಮಂಡಲದ A,Dಗಳಿಗೆ Gಯ ಮೂಲಕ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಬೇಕು.

E_1 ಕೋಶದ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು (I) ಒಂದು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋಗಬಹುದು. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು A ಮಾಪಕವು ಸೂಚಿಯ ಮೂಲಕ ನೇರವಾಗಿ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ಸರಿಯಾಗಿದೆಯೋ ಇಲ್ಲವೆ ಮತ್ತು ಇವಕ್ಕೆ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳನ್ನು (corrections) ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೇ ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಉದ್ದೇಶವಾಗಿದೆ.

ಈಗ, A ಮಾಪಕವು I ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುವಾಗ, 1 ಓಂ. ರೋಧದ ತುದಿಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ನಾವು D ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದುವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. $AD = x$ ಆಗಿರಲಿ.

ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಚಿತ್ರ [(c)]ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (E_0)ದ ಕೋಶವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಶೂನ್ಯಬಿಂದುವನ್ನು (D_0) ಕಂಡುಹಿಡಿಯೋಣ. $AD_0 = l_0$ ಆಗಿರಲಿ.

l_0 ಸೆಂ.ಮೀ.ಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $= E_0 = 1.08$ ವೋಲ್ಟ್ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ.

1 ಸೆಂ.ಮೀ.ಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $= \frac{1.08}{l_0}$ ವೋಲ್ಟ್

x ,, $= \frac{1.08}{l_0} \times x$ ವೋಲ್ಟ್

1 ಓಂ. ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ನಿಜವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು I' ಆದರೆ

$$I' = \frac{1.08\, x}{l_0 \times 1} \text{ ಆಂಪಿಯರ್}$$

I = ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕದ ಸೂಚ್ಯಾಂಕ. 6.25

∴ ತಿದ್ದುಪಡಿ e = ($I^1 - I$) ...

ಆದ್ದರಿಂದ, ನಾವು ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ I ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕವು ತೋರಿಸುವ ಅಂಶವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಇದನ್ನು ಕ್ರಮೇಣ I=0.2, 0.4, 0.6... ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳಂತೆ ಮಾಡುತ್ತ ಇವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಶೂನ್ಯಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರ ಮೂಲಕ I=ನಿಜ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಪಟ್ಟಿರೂಪದಲ್ಲಿ ಇದು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ,

I	x	$I' = \frac{1.03x}{l_0}$	$(I' - I) = C$
0.2 ಆಂ	—	0.24	+0.04
0.4 ಆಂ	—	0.37	− 0.03
0.6 ಆಂ	—		
0.8 ಆಂ	—		
1.0 ಆಂ	—		

ಒಂದೊಂದು ಸೂಚ್ಯಾಂಕ (I)ಕ್ಕೂ ಮಾಡಬೇಕಾದ ತಿದ್ದುಪಡಿ (e)ಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರ ಮೂಲಕ ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕವನ್ನು ಕ್ರಮಾಂಕ ನಿರ್ಣಯಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಈಗ 6.10 (b) ಚಿತ್ರವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

ಇದೂ ಚಿತ್ರ 6.10 (a)ನಂತೆಯೇ ಇದ್ದು, ಇದರಲ್ಲಿ ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ T.G ಎಂಬ ಟ್ಯಾಂಜೆಂಟ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಮಾಪಕವನ್ನು ಆದರೊಂದಿಗೆ ಇರಬೇಕಾದ ಪರಿವರ್ತಕ C (commutator)ವನ್ನೂ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ.

G ಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಮಾಡಬೇಕಾದ ಪೂರ್ವಸಿದ್ಧತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಂಡು, 1ಓಂ ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳಾದ P,Qಗಳನ್ನು ಪ್ರಧಾನ ಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಬೇಕು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸರಿಯಾದ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, G ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಸೂಚಿಯು ತೋರಿಸುವ ಅಪಸಾರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಇದು θ

ಆಗಿದ್ದರೆ $\theta = 45^0$ಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಒಳ್ಳೆಯದು. ಇದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ X ಶೂನ್ಯಬಿಂದುವಾದರೆ, AX = x (ಸೆಂ.ಮೀ.) = ...ಆಗಿರಲಿ.

ಹಿಂದಿನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದಂತೆಯೇ, ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ, 1.08 ವೋಲ್ಟ್ (E_0)ಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ l_0 ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿರಬೇಕು. 1ಓಂ ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು (I) G ಮಾಪಕದಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರವಹಿಸಿ, θ ಅಪಸಾರವನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುವುದರಿಂದ,

$$I = K \tan\theta$$

ಆದರ, $I_1 = \dfrac{1.08}{l_0} x \ldots$

$$\therefore K = \frac{1.08\,x}{l_0 \tan\theta} = \qquad 6.26$$

ಇಲ್ಲಿ K = G ಮಾಪಕದ ಅವತರಿತ ಗುಣಾಂಕ (reduction factor)

x = 43.2 ಸೆಂ.ಮೀ.

l_0 = 54 ಸೆಂ.ಮೀ.

$\theta = 45^0$ ಆದರೆ

$K = \dfrac{1.08 \times 43.2}{54 \times 1} = 0.864$ ಆಂಪಿಯರ್

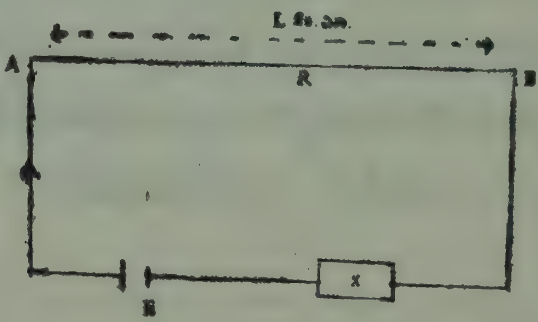
K ಗೊತ್ತಾದ ಮೇಲೆ

$$H = \frac{2\pi n K}{10\, r} \quad \begin{bmatrix} n = \text{T G ಸುರುಳಿಯ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ} \\ r = \text{ಸುರುಳಿಯ ತ್ರಿಜ್ಯ} \end{bmatrix} \qquad 6.27$$

(v) ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಮಾಪಕದ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆ (Sensitiveness of potentiometer)

ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಮಾಪಕದ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಗಳನ್ನೂ ಅಲ್ಲದೆ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಗಳನ್ನು ಕೂಡ ಅಳೆದು ಅದರ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು. ಉಷ್ಣ-ಯುಗ್ಮ (thermocouples) ಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುತ್ – ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (Thermo-e m f's) ಮಿಲ್ಲಿವೋಲ್ಟ್, ಮೈಕ್ರೋವೋಲ್ಟ್ ಪ್ರಮಾಣಗಳಾಗಿರಬಹುದು. ಇವುಗಳ ವಿಷಯ

ವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಲಾಗುವುದು. ಪ್ರಕೃತದಲ್ಲಿ ಪ್ರಚನ್ನಾಂತರಮಾಪಕವನ್ನು ಹೇಗೆ ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಅಳವಡಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಮಾತ್ರ ಗಮನಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 6.10 ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಮಾಪಕದ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆ

E ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸ್ಟೋರೇಜ್ ಕೋಶವಾಗಿದ್ದು ಇದರ ವಿದ್ಯುತ್-ಚಾಲಕಶಕ್ತಿಯು 2 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿರಬಹುದು. AB ಎಂಬುದು R ಓಂ ರೋಧದ ಮತ್ತು L ಸೆಂ.ಮೀ.ಗಳ ಉದ್ದದ ತಂತಿಯಾಗಿರಲಿ. ಈ ಪ್ರಧಾನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ರೋಧದ ಪೆಟ್ಟಿಗೆ ಇದ್ದು ಇದರಲ್ಲಿ ಯಾವ ಪ್ರಮಾಣದ ರೋಧ (X)ವನ್ನಾಗಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವಂತಿರಬಹುದು. ಇದನ್ನು AB ತಂತಿಯೊಂದಿಗೆ ಶ್ರೇಣಿಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಈಗ AB ತಂತಿಯಲ್ಲಿ I ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿದ್ದರೆ,

$I = \frac{E}{R+X}$ ಮತ್ತು A,Bಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು $IR = \frac{ER}{R+X}$

ಅಂದರೆ AB ತಂತಿಯ 1 ಸೆಂ.ಮೀ. ಉದ್ದಕ್ಕೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $= \frac{ER}{(R+X)L} = e$

6.28

ಈಗ e ಪ್ರಮಾಣವು ಕಡಮೆ ಆದಷ್ಟು ಉಪಕರಣದ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಇದು ಯಾವ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರಬೇಕು ಎಂಬುದನ್ನು X ರೋಧದ ಸೂಕ್ತ ಮೌಲ್ಯದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು. ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳಿಂದ ಇದನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸಬಹುದು.

(a) E = 2 ವೋಲ್ಟ್
R = 10 Ω
X = 1990 Ω
L = 100 ಸೆಂ. ಮೀ.

$$e = \frac{2 \times 10}{(10+1990)\ 100} = 10^{-4} \text{ ವೋಲ್ಟ್ ಸೆಂ. ಮೀ.} = 10^{-5} \text{ ವೋಲ್ಟ್/ಮಿ. ಮೀ}$$

(b) ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ 100 ಸೆಂ. ಮೀ. ಉದ್ದದ ತಂತಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ಇಂಥ ಹತ್ತು ತಂತಿಗಳನ್ನು ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ L = 1000 ಸೆಂ. ಮೀ.

$$\text{ಆಗ, } e = \frac{2 \times 10}{(1990+10)1000} = 10^{-5} \text{ ವೋಲ್ಟ್/ಸೆಂ. ಮೀ.}$$
$$= 10^{-6} \text{ ವೋಲ್ಟ್/ಮಿ. ಮೀ.}$$

ಅಂದರೆ ಒಂದು ಮಿ. ಮೀ. ಉದ್ದವು 1 ಮೈಕ್ರೋ ವೋಲ್ಟ್‌ಗೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ X ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಷ್ಟೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಯು ಅಧಿಕಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಸಂದರ್ಭಾನುಸಾರವಾಗಿ ಇದನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಈ ಎಲ್ಲ ವಿಷಯಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಮಾಪಕದ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯು ಎಷ್ಟು ಸರ್ವತೋಮುಖವಾದುದು ಎಂಬುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

6.8 ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪ-ವಿದ್ಯುತ್-ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದಿಂದ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳು

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪ ಮಾದರಿಯ ವಿದ್ಯುತ್-ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ರಚನೆ, ತತ್ತ್ವ ಮತ್ತು ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಉಪಯೋಗಗಳ ವಿಷಯವನ್ನು ತಿಳಿಸಿದೆ. ಈಗ ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಉಪಯುಕ್ತ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ವಿಷಯವನ್ನು ಗಮನಿಸಬಹುದು.

ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆ (electro-magnetic induction) ವಿಷಯವನ್ನು ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗುವುದು. ಇದರ ಮೂಲ ತತ್ತ್ವವು ಇಷ್ಟೇ; ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕಕ್ಕೂ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೂ ಸಾಕ್ಷೇಪಕ ಚಲನೆಯು (relative motion between a conductor and a magnetic field) ಏರ್ಪಟ್ಟಾಗ, ಒಂದು ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಚೋದಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (induced e.m.f.) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ಹೆಣೆದುಕೊಂಡಿರುವ ಕಾಂತಬಲರೇಖೆಗಳ ಹರಿವಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬದಲಾಗುವುದೇ (change of flux). e = ಚೋದಿತ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ; N = ಕಾಂತರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು (flux) ಆದರೆ,

$$e = -\frac{dN}{dt} \text{ (ಹರಿವಿನ ಬದಲಾವಣೆಯ ದರ)} \qquad 6.29$$

ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನು ಹಾಗೆಯೇ ಬಿಡದೆ, ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ಮಂಡಲವನ್ನು (closed circuit) ಏರ್ಪಡಿಸಿ, ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕವನ್ನೂ ಅಳವಡಿಸಿದರೆ, ಚೋದಿತ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರದ ಕಾರಣವಾಗಿ, ಆ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಚೋದಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತದೆ. ಇದು i ಆದರೆ,

$$i = \frac{e}{r} = -\frac{dN}{dt} \cdot \frac{1}{r}$$ (r = ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಒಟ್ಟು ರೋಧ) 6.30

ಈ ಚೋದಿತ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ತಾತ್ಕಾಲಿಕವಾಗಿದ್ದು, ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯು ನಿಂತ ಕ್ಷಣವೇ ನಿಂತು ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು $\frac{dN}{dt}$ ಅಂದರೆ, ಹರಿವಿನ ಬದಲಾವಣೆಯ ದರವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಈ ಅಲ್ಪ ಕಾಲಾವಧಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು dt ಕಾಲ ಹರಿದರೆ. ಇದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ (ಆವೇಶ)ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವು $dq = i.dt$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು (dq) ಅಳೆಯಬೇಕಾದರೆ ನಾವು ಉತ್-ಕ್ಷೇಪ ಮಾದರಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಇದರ ಆವರ್ತಕಾಲವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅಲ್ಪಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣವು ನಿಂತುಹೋದರೂ. ಅದರ ಆಘಾತದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಉಂಟಾಗುವ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪವನ್ನು (throw) ಅಳೆಯಬಹುದು.

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ

$$q \propto \theta \quad ; \quad q = K'\theta$$

$K' = \frac{T}{2\pi} \cdot \frac{i_0}{\phi}$ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದರಿಂದ ನಾವು θ ಪ್ರಮಾಣದಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದ q ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಉತ್-ಕ್ಷೇಪ ಮಾದರಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ–ಮಾಪಕವು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ. ಈಗ ಇದರ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಮೊದಲು ಸೂತ್ರರೂಪಕ್ಕೆ ತರಬೇಕು.

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಕಾಂತರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು N_1 ಇಂದ N_2 ಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಲಿ. ಹೀಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ ಒಂದು ಸಮಯದಲ್ಲಿ (t) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು i ಆಗಿದ್ದರೆ, dt ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣ $= dq = idt$

$$i = -\frac{I}{r}\frac{dN}{dt} \quad (6.30 \text{ ಸಮೀಕರಣ})$$

$$dq = -\frac{I}{r}\frac{dN}{dt}dt = -\frac{dN}{r}$$

ಒಟ್ಟು ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಹರಿವು N_1 ಇಂದ N_2ಗೆ ಬದಲಾದಾಗ

ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣ $= q = \int_{N_1}^{N_2} -\frac{dN}{r} = \frac{N_1 - N_2}{r}$ 6.30

ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸಿದರೆ, θ_1 ಉತ್ಕ್ಷೇಪವಾದರೆ,

$$q = K'\theta$$

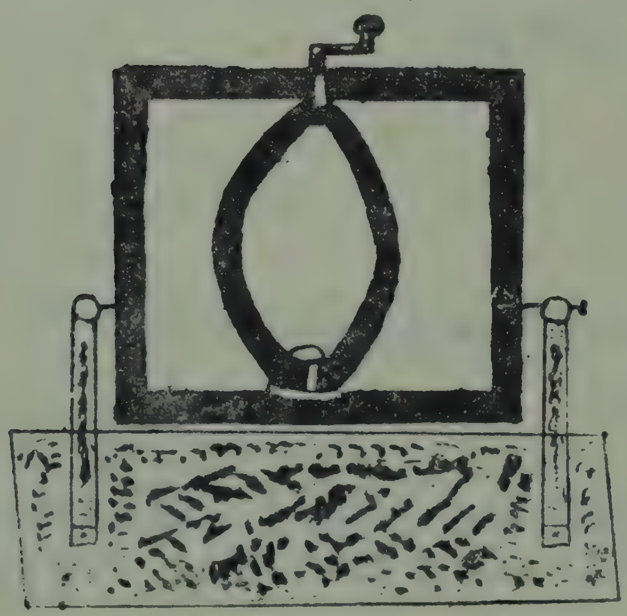
ಇವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಭೂ ಚೋದಕ (earth inductor) ದ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ವಿವರಿಸಬಹುದು.

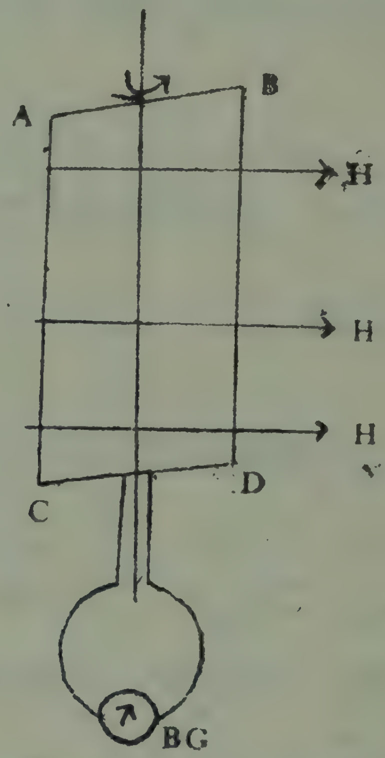
ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ e. m. u. ಏಕಮಾನಗಳನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವುದಾಗಿ ತಿಳಿಯಬೇಕು.

(a) ಭೂಚೋದಕ ಮತ್ತು ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳು

ಭೂ-ಚೋದಕವೆಂದರೆ ಒಂದು ದೊಡ್ಡದಾದ ಶೋಧಕ ಸುರಳಿಯಂತೆ (search coil) ಇದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಸುತ್ತುಗಳ ಸುರಳಿಯ ತಂತಿಯನ್ನು (ಹೆಚ್ಚು ತ್ರಿಜ್ಯವಿರಬೇಕು) ಒಂದು ಅಚ್ಚಿಗೆ (axle) ಅಳವಡಿಸಿ ಇದನ್ನು ಒಂದು ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಯಾವ ಸಮತಲದಲ್ಲಿಯಾದರೂ ಇಡಿಸಿ, ನಮಗೆ ಬೇಕಾದಂತೆ ವಿವಿಧ ಅಕ್ಷಗಳ ಸುತ್ತ ಭ್ರಮಣಮಾಡಿಸಬಹುದು. ಇದರ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನೇ ಉತ್-ಕ್ಷೇಪಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿಸಬೇಕು. ಈ ಸುರಳಿಯ ತಂತಿಯ ಸುತ್ತುಗಳು $n = 500$, ಸುರಳಿಯ

ಮುಖದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ = 800 ಚ. ಸೆಂ. ಮೀ. R= ರೋಧ = 40 ಓಂ ಆಗಿರಬಹುದು. ಇದು ಸುಮಾರಾಗಿ ಈ ಸುರಳಿಯು ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು (ಚಿತ್ರ 6.12).





ಚಿತ್ರ 6.12 ಭೂ-ಚೋದಕ ಉಪಕರಣ

ಭೂ-ಚೋದಕ ಸುರುಳಿಯನ್ನು ಮೊದಲು ಲಂಬವಾಗಿ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಇರಿಸಿ, ಅದರ ಸಮತಲವು ಭೂ-ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ರೇಖೆ (H_0)ಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವಂತೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕು. ಇದರ ತುದಿಗಳನ್ನು ಎಳೆಗಳ (leads)ಮೂಲಕ BGಯ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಮುಖದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖಕ್ಕೆ ಹರಿಯುವ ಕಾಂತರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು $N_1 = \mu H_0$ An. ಇಲ್ಲಿ H_0 = ಭೂಕಾಂತಬಲದ ಕ್ಷಿತಿಜಸಮತಲದ ಅಂಗ; A = ಸುರಳಿಯ ಮುಖದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ n = ಸುರಳಿಯ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ. $\mu = 1$ (ಗಾಳಿ). ಈ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಭೂಕಾಂತದ ಲಂಬ ಅಂಗ (vertical component)ವು ಲೆಕ್ಕಕ್ಕೆ ಬರುವಂತಿಲ್ಲ. ಅದರ ಕಾಂತ ರೇಖೆಗಳು ಸುರಳಿಯನ್ನು ಭೇದಿಸುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಅನಂತರ, ಸುರಳಿಯನ್ನು ಕ್ಷಿಪ್ರವಾಗಿ, ಲಂಬ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ, 180° ಭ್ರಮಣದಿಂದ ಸುತ್ತಿಸಬೇಕು. ಈಗ $N_2 = -H_0An$ ಆಗುತ್ತದೆ; $N_1 - N_2 = 2AH_0n$.

R = ಸುರಳಿಯ ರೋಧ; G = BG ಯ ರೋಧ ಆದರೆ,

$(R+G)$ ಓಂಗಳು $= 10^9 (r+g)$ e. m. u.

ಆದ್ದರಿಂದ B.G. ಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣವು

q_1 ಆದರೆ,

$$q_1 = \frac{2AnH_o}{10^9(R+G)}$$ e. m. u. (6.30 ಸಮೀಕರಣ)

ಅಥವಾ

$$Q_1 = \frac{2A.n.H_o}{10^8\ (R+G)}$$ ಕೂಲಾಂಬ್ 6.31

ಇದರಿಂದ ಉತ್ಕ್ಷೇಪವು θ_1 ಆದರೆ,

$$Q_1 = K'\theta_1$$

$$H_o = \frac{(Q_1.10^8.\ R+G)}{2\ An}$$ ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ 6.32

$$= \frac{K'\theta_1.\ 10^8.\ (R+G)}{2\ An}$$ ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್

ಇದರಿಂದ H_0 = ಭೂಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲದ ಅಂಗವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

b) ಭೂಕ್ಷೇತ್ರದ ಲಂಬ ಅಂಗ (V)ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು

ಇದಕ್ಕೆ ಭೂಚೋದಕ ಸುರಳಿಯನ್ನು ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ (horizontally) ಇಡಬೇಕು. ಈಗ H_0 ರೇಖೆಗಳು ಇದನ್ನು ಛೇದಿಸುವಂತಿಲ್ಲ. ಇದು V ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದರಿಂದ

$$N_1 = V.\ An$$

ಇದಾದನಂತರ ಸುರಳಿಯನ್ನು ಕ್ಷಿತಿಜ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ 180° ಮೂಲಕ ಕ್ಷಿಪ್ರದಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಬೇಕು. ಇದಾದ ಮೇಲೆ

$$N_2 = -\ V.\ An$$

$$\therefore\quad (N_1 - N_2) = 2V\ An$$

ಈ ಭ್ರಮಣದಿಂದ B.Gಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಉತ್ಕ್ಷೇಪವೌಲ್ಯವು θ_2 ಆದರೆ,

$$q_2 = \frac{2An\ V}{10^9(R+G)}$$ e.m.u. (6.30 ಸಮೀಕರಣದಿಂದ)

$$q_2 = \frac{2An\ V}{10^8(R+G)} \text{ ಕೂಲಾಂಬ್ } = K'\ \theta_2 \qquad 6.33\ (a)$$

$$\therefore\ V = \frac{Q_2 10^8\ (R+G)}{2An} = \frac{K' \theta_2 10^8\ (R+G)}{2An} \text{ (ಆಯಿರಸ್ಟೆಡ್)} \qquad 6.33\ (b)$$

ಇದರಿಂದ V ಗೊತ್ತಾದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

(c) **ಅವನತಿಯ ಕೋನವನ್ನು** (Dip) ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು

ಅವನತಿಯ ಕೋನವು ϕ ಆದರೆ

$$\tan \phi = \frac{V}{H} \qquad 6.34$$

6.32 ಮತ್ತು 6.34 ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ,

$$\frac{V}{H} = \frac{\theta_2}{\theta_1}$$

$$\therefore\ \tan\ \phi = \frac{\theta_2}{\theta_1}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{\theta_2}{\theta_1} \qquad 6.35$$

ಇವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು, ಕೇವಲ θ_1, θ_2 ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಮಾತ್ರ ಸಾಕು.

(d) **ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ರೋಧ** (High Resistance)ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು. ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ರೋಧ – ಅಂದರೆ 10^6 ಓಂ (ಮೆಗ-ಓಂ) ಪ್ರಮಾಣದಷ್ಟನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಉಪಯುಕ್ತವಾದುದು.

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ (condenser) ಸಂಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (c)ಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದನ್ನು ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನೇ ಸ್ವಲ್ಪ ವಿಸ್ತರಿಸಿದರೆ, ರೋಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ವಿಧಾನವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ 5.13 (i) ಮೊದಲು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹವಾಗುತ್ತದೆ.

C= ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ; V= ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ವೋಲ್ಟೇಜ್; Q= ಸಂಗ್ರಹವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣ;

$Q=CV$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಸಂಗ್ರಹವಾದ ಈ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಒಂದು ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ (BG)ದ ಮೂಲಕ ಉತ್ಸರ್ಜನ ಮಾಡಿಸಿದರೆ ಅದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪದ ಪ್ರಮಾಣವು θ ಆಗಿರಲಿ. ಅಂದರೆ ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ K_2 ಬೆಣೆಯನ್ನು ತೆಗೆದಿರಬೇಕು. K_1N ಮೊದಲು ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ, ಅನಂತರ K_1M ಸಂಪರ್ಕ ಗೊಳಿಸಬೇಕು (ಚಿತ್ರ 5.13).

ಆಗ, $Q=K'\theta$ 6.36

ಇವಾದ ಮೇಲೆ, ಮತ್ತೆ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕ ಗೊಳಿಸಿದರೆ ಅದರಲ್ಲಿ Q ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣವು ಶೇಖರವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಿತಿ ಯಲ್ಲಿರುವಾಗ, ನಾವು ತಿಳಿಯಬೇಕೆಂದಿರುವ ರೋಧ (R)ವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ, ಅದರ ಮೂಲಕ, ಶೇಖರವಾಗಿರುವ Q ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು R ಮೂಲಕ ಉತ್ಸರ್ಜನ ಗೊಳಿಸಿ, t ಸೆಕೆಂಡ್‌ಗಳು ಕಳೆದ ನಂತರ, ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಉಳಿದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರಮಾಣ (Q′)ವನ್ನು B. Gಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯಗೊಳಿಸಿದರೆ, ಇದರಿಂದ ಬರುವ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪ (θ^1)ವನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕು. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ K_2 ಬೆಣೆಯನ್ನು ಮುಚ್ಚಿರಬೇಕು (t ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ).

$Q'=K'\theta'$ 6.37

ಇಲ್ಲಿ $Q'<Q$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ $\theta'<\theta$.

Q ಮತ್ತು Q′ ಗಳನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸುವ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಈಗ ಕಂಡುಹಿಡಿಯ ಬೇಕು. t ಸೆಕೆಂಡ್‌ಗಳ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧ ದೊಳಗೆ ಸೋರುತ್ತಿರುವಾಗ (leak) ಒಂದು ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ q ಆಗಿದ್ದು, ಅದರ ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ= v ಆದರೆ,

R ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು $I=-\frac{dq}{dt}$

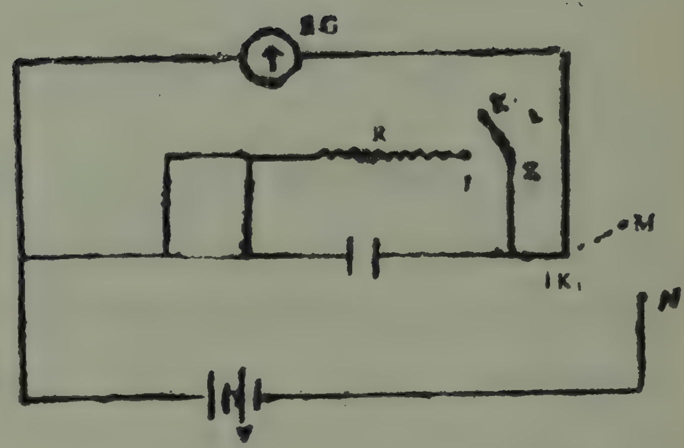
$$I=\frac{v}{R};\ v=\frac{q}{C};\ I=\frac{q}{CR}$$

$$I = -\frac{dq}{dt} = \frac{q}{RC}$$

$$\frac{dq}{q} = -\frac{1}{RC}\,dt$$

$$\log_\varepsilon q = -\frac{t}{RC} + R$$

(k ನಿಯತಕಾಂತ)



ಚಿತ್ರ 6.12
ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು

$q = Q;\quad t = O$

$q = Q,;\quad t = t$ ಆದರೆ,

$k = \log_\varepsilon Q$

$$\log_e Q' = -\frac{t}{Rc} + \log_\varepsilon Q$$

$$\therefore Q' = Q\,\varepsilon^{\frac{-t}{RC}} \qquad 6.38$$

$$\therefore R = \frac{t}{C \log_\varepsilon \frac{Q}{Q'}} \qquad 6.39$$

ಆದರೆ, $\frac{Q}{Q'} = \frac{\theta}{\theta'}$ (6 36 ಮತ್ತು 6.37)

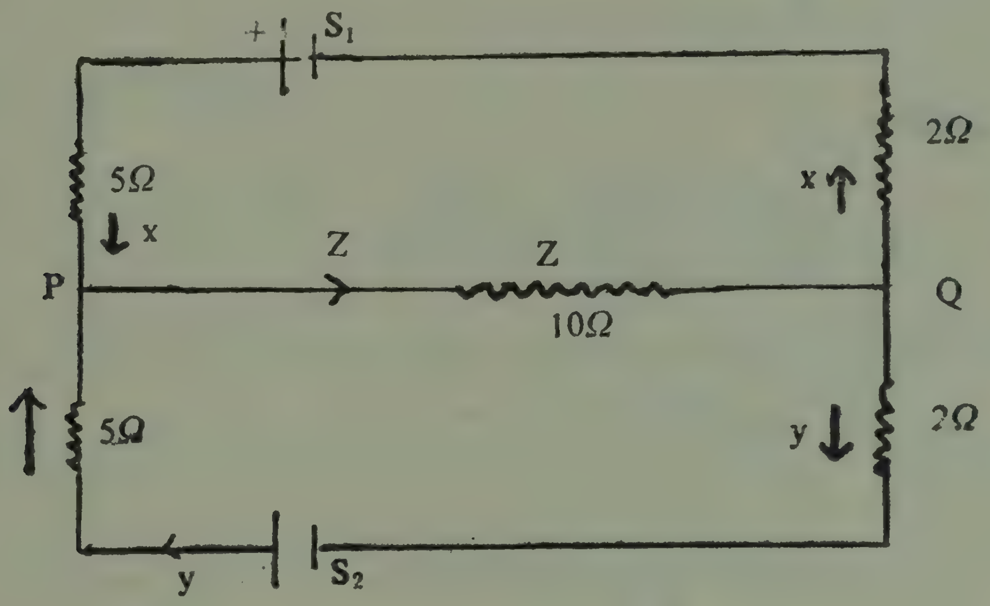
$$\therefore R = \frac{t}{C \log_\varepsilon \frac{\theta}{\theta'}} \qquad 6.40$$

ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ, R, t, θ, θ' ಎಲ್ಲಾ ಗೊತ್ತಾಗುವುದರಿಂದ R ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಇದುವರೆವಿಗೂ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಾಂಶಗಳನ್ನು ವಿಶದ ಪಡಿಸಲು ಕೆಲವು ಅಭ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಅಭ್ಯಾಸಗಳು :

(1) 2 ವೋಲ್ಟ್ ಮತ್ತು 1 ವೋಲ್ಟ್ E.M.F ಮತ್ತು 1 ಓಂ, 2 ಓಂ, ಅಂತರಿಕ ರೋಧವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಗಳನ್ನು ತೆಗೆದು ಕೊಂಡು, ಅವುಗಳ ಧನಧ್ರುವಗಳನ್ನು 10 ಓಂ ರೋಧದ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ದಿಂದಲೂ, ಋಣ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು 4 ಓಂ ರೋಧದಿಂದಲೂ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸ ಲಾಗಿದೆ. ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಎರಡು ತಂತಿಗಳ ಮಧ್ಯ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು 10 ಓಂ ರೋಧದ ತಂತಿಯಿಂದ ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತದೆ - ಈ ತಂತಿಯ ಎರಡು ತುದಿಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿರಿ, ಹಾಗೂ ಒಂದೊಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ ದಿಂದ ಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿರಿ.



ಚಿತ್ರ 6.13 ಕಿರ್ಛಾಫ್ ನಿಯಮ

S_1, S_2 ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಗಳು ಇವುಗಳ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಹೊರಗಡೆ ಬಂಧಿಸುವ ಎರಡು ರೋಧಗಳೂ 10Ω ಮತ್ತು 4Ω ಇವುಗಳ ಮಧ್ಯಬಿಂದುಗಳಾದ P,Qಗಳನ್ನು 10Ω ರೋಧದಿಂದ ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತದೆ. S_1,S_2 ಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು x,y ಆಗಿರಲಿ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, $\overrightarrow{PQ}$ ರೋಧದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು Z ಆಗಿರಲಿ. P ಸಂಧಿ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕಿರ್ಛಾಫ್ ಮೊದಲನೆಯ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ

$$Z=x+y \quad \text{(i)}$$

S_1PQ ಮಂಡಲಕ್ಕೆ 2 ನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ,

$$5x+10z+2x+x=2$$

ಅಥವಾ $5x+10x+10y+2x+x=2$

$18x+10y=2$ (ii)

2 ನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು S_1PS_2 Q ಗೆ ಅನ್ವಯಿಸೋಣ

$5x-5y-2y-2y+2x+x=2-1=1$

ಅಂದರೆ $8x-9y=1$ (iii)

$$18x+10y=2$$
$$8x-9y=1$$

$$162x+90y=18$$
$$80x-90y=10$$

$$242x=28$$

$$x=\frac{28}{242}=\frac{14}{121} \text{ ಆಂಪಿಯರ್}$$

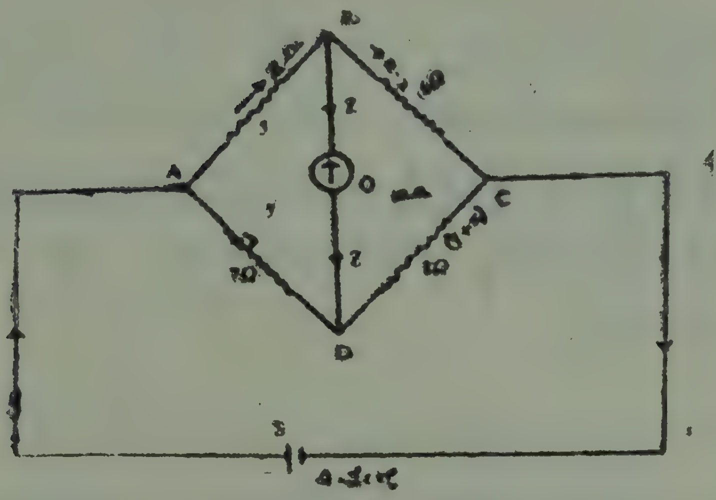
$$y=-\frac{1}{121} \text{ ಆಂಪಿಯರ್}$$

$$(x+y)=Z=\frac{13}{121} \text{ ಆಂಪಿಯರ್}$$

PQಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $=10Z=\frac{10\times13}{121}=1\frac{9}{121}$ ವೋಲ್ಟ್ (ಉತ್ತರ)

(2) ಒಂದು ವ್ಹೀಟ್‌ಸ್ಟನ್ ಮಾದರಿಯ ಜಾಲದಲ್ಲಿ AB, BC, CD, DA ಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ 5, 6, 7, 8 ಓಂ ಗಳಾಗಿರುತ್ತದ 2ವೋಲ್ಟ್ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶವನ್ನು A,Cಗಳ ನಡುವೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಿದೆ ಇದರ ಅಂತರ ರೋಧವು ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿಲ್ಲ. B,D ಗಳ ನಡುವೆ 10ಓಂ ರೋಧದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕವನ್ನು ಕೂಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಹಾಗಾದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಪ್ರಮಾಣವೇನು ?

ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವಂತೆ, ರೋಧಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಶೂನ್ಯಬಿಂದುವಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ, $\frac{5}{6}\neq\frac{7}{8}$



ಚಿತ್ರ 6.14 ಕಿರ್ಚಾಫ್ ನಿಯಮದ ಅನ್ವಯ

ಆದ್ದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ (G) ದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರವಾಹವಿದ್ದೇ ಇರಬೇಕು.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ

AB, AD ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ x,y ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವೂ,

BD ಶಾಖೆಯಲ್ಲಿ Z ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವೂ ಇದ್ದರೆ

ಕಿರ್ಚಾಫ್ ಮೊದಲನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು B,D ಸಂಧಿಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ.

BCಯಲ್ಲಿ (x − z) ಮತ್ತು DCಯಲ್ಲಿ (y + z) ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಇರಬೇಕು, SADC ಮಂಡಲಕ್ಕೆ 2ನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ,

$$7y+8(y+z)=2$$

$$15y+8z=2 \quad (i)$$

ಹಾಗೆಯೇ ABD ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಯಾವ e.m.f. ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ

$$5x+10z-7y=0 \quad (ii)$$

SABC ಮಂಡಲಕ್ಕೆ 2ನೆಯ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ

$$5x+6(x-z)=2$$

$$11x-6z=2 \quad (iii)$$

ಈ ಮೂರು ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಪರಿಷ್ಕರಿಸಿದರೆ,

$$Z=\frac{4}{2716}=\frac{1}{679}$$ ಆಂಪಿಯರ್ ಆಗುತ್ತದೆ. (ಉತ್ತರ)

$$=0.00147$$ ಆಂಪಿಯರ್

(3) 8 ಸುತ್ತುಗಳು ಮತ್ತು 2 ಚ. ಸೆಂ. ಮೀ. ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಶೋಧಕ ಸುರಳಿ ತಂತಿ (search coil) ಯನ್ನು ಪ್ರಬಲವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವಣ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಸಮತಲವು ಲಂಬವಾಗಿರುವಂತೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಿದೆ. ಇದನ್ನು ಒಂದು B.G ಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದೆ. ಈ ಮಂಡಲದ ಒಟ್ಟು ರೋಧವು 1000 ಓಂ ಗಳು.

ಈ ಸುರಳಿಯನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಹೊರಗೆ ಥಟಕ್ಕನೆ ತೆಗೆದುಬಿಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ B.Gಯ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪವು 23 ವಿಭಾಗಗಳು (divisions) 1μ F ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವನ್ನು 1 ವೋಲ್ಟ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರ್ಣ (charged)ಗೊಳಿಸಿ, ಅದನ್ನು B.Gಯ ಮೂಲಕ ಉತ್ಸರ್ಜನ ಮಾಡಿಸಿದರೆ, ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪವು 25 ವಿಭಾಗಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವಣ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿರಿ (1 ವೋಲ್ಟ್ $=10^8$ e.g.s. ಮಾನಗಳು).

ಈ ಅಭ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ 6.30 ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು.

ಶೋಧ ಸುರಳಿಯ ಸುತ್ತುಗಳು $= n = 8$

,, ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ $= A = 2$ ಚ. ಸೆಂ. ಮೀ..

ಒಟ್ಟು ರೋಧ $= R = 1000$ ಓಂ.
ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲ $= F =$ ......ಅಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್

ಸುರಳಿಯನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಹೊರಗೆ ತೆಗೆಯುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿವಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸ (change of flux) $= N$

B.Gಯ ನಿಯತ ಗುಣಾಂಕ (constant) $= k'$

$$\frac{N}{R} = K'\theta' \quad \theta' = 23$$

$N = An\,F.$ (c.g.s.) ಮಾನ

1 ವೋಲ್ಟ್ $=10^8$ c.g.s. ಮಾನ ಆದ್ದರಿಂದ

$$Q' = \frac{An\,F}{R} \times 10^{-8} = K'\theta'$$

ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ $Q = CV = K'\theta$

ಇಲ್ಲಿ $C = 10^{-6}$ ಫಾರಡ್

$V = 1$ ವೋಲ್ಟ್

$\theta = 25$ ವಿಭಾಗಗಳು

$Q = 10^{-6} \times 1 = K' \times 23$

$$K' = \frac{10^{-6}}{23}$$

$$F = \frac{R \times K'\theta'}{An \times 10^{-8}} = \frac{R \times C \times V \times \theta'}{\theta \times An \times 10^{-8}}$$

$$= \frac{1000 \times 10^{-6} \times 1 \times 23}{25 \times 2 \times 8 \times 10^{-8}}$$

$= 5749$ ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ (ಉತ್ತರ)

(4) ಒಂದು ಭೂಚೋದನ ಸುರಳಿಯ ಸರಾಸರಿ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು 30,000 ಚ. ಸೆಂ. ಮೀ. ಮತ್ತು ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ $= 200$. ರೋಧವು 20 ಓಂ ಗಳು. ಈ ಸುರುಳಿಯನ್ನು ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟು ಭೂಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಥಟಕ್ಕನೆ ಅರ್ಧ ಸುತ್ತು ಸುತ್ತಿಸಿದರೆ, ಆ ಮಂಡಲದ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣವೆಷ್ಟು ?

$H = 0.18$ ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್; ಅವನತಿ ಕೋನ (dip) $= 60°$

ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾದುದು 6.33 ಸಮೀಕರಣ

$$Q = \frac{2AnV}{10^8 R} \quad \text{ಕೂಲಾಂಬ್}$$

$V =$ ಭೂಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಲಂಬ ಅಂಗ

$H =$ ಭೂಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲ ಅಂಗ

$\phi =$ ಅವನತಿ ಕೋನ ಆದರೆ $\frac{V}{H} = \tan\phi$

$V = H \tan\phi$

ಆದ್ದರಿಂದ

$$Q = \frac{2An\ H \tan\phi}{R}$$

$$= \frac{2 \times 30{,}000 \times 200 \times 0.18 \times 1.732}{20 \times 10^8}$$

$= 1.87 \times 10^{-3}$ ಕೂಲಾಂಬ್‌ಗಳು

$= 1.87$ ಮಿಲ್ಲಿಕೂಲಾಂಬ್‌ಗಳು (ಉತ್ತರ)

(5) 0.5 μF ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವನ್ನು 10 ಮೆಗ ಓಂ ರೋಧದ ಮೂಲಕ ಉತ್ಸರ್ಜನ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣದ (charge) ಅರ್ಧಭಾಗವು ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕಾಲವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿರಿ. [$\log_\varepsilon 2 = 0.6931$]

ಇಲ್ಲಿ ನಾವು 6.39 ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು.

$$R = \frac{t}{C \log_\varepsilon \frac{Q}{Q'}} \text{ ಅಥವಾ } t = CR \log_\varepsilon \frac{Q}{Q'}$$

ಇಲ್ಲಿ $R = 10^6$ ಓಂ

$C = 0.5 \times 10^{-6}$ ಫಾರಡ್

$$\log_\varepsilon \frac{Q}{Q'} = \log_\varepsilon 2 = 0.6931$$

ಆದ್ದರಿಂದ $t = 0.5 \times 10^{-6} \times 10^6 \times 0.6931$

$= 0.3465$ ಸೆಕೆಂಡ್‌ಗಳು (ಉತ್ತರ)

ಈ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ, ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ, ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಗ್ರಹಣಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಮುಂತಾದ ಹಲವು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಸೂಕ್ತ ಉಪಕರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ್ದಾಯಿತು.

7. ಉಷ್ಣ - ವಿದ್ಯುತ್ - ಶಕ್ತಿ

7.1 ಸೀಬೆಕ್ ಪರಿಣಾಮ (Seebeck effect)

ಒಂದು ಲೋಹದ ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ, ಆ ತಂತಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಉಷ್ಣಶಕ್ತಿಯ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನವನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಸ್ತರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಮಾರ್ಗಗಳು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿವೆ. ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಮೊದಲು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದವನು ಸೀಬೆಕ್. ಈತನು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವಾಗಿ 1826 ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ತತ್ವವನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದನು. ಅದು ಈರೀತಿ ಇದೆ :-

ಎರಡು ಭಿನ್ನ ಲೋಹಗಳನ್ನು ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ಬಂಧಿಸಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲವನ್ನು ರಚಿಸಿ, ಈ ಎರಡು ಲೋಹಗಳು ಸಂಧಿಸುವ ಎರಡು ಸಂಧಿ ಪ್ರದೇಶ ಗಳನ್ನು ಭಿನ್ನ ಉಷ್ಣಗಳಲ್ಲಿ ಇರಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು (E.M.F) ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಬ್ಬಿಣ-ತಾಮ್ರ ತಂತಿಗಳನ್ನೋ ಆಂಟಿಮೋನಿ-ಬಿಸ್ಮತ್‌ಗಳನ್ನೋ ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ಎರಡು ಭಿನ್ನಲೋಹಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು, ಅವುಗಳು ಕೂಡುವ ಎರಡು ಸಂಧಿ ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ (cold) ಅಥವಾ ತಂಪಾಗಿಯೂ, ಮತ್ತೊಂದು ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶ (hot) ಅಥವಾ ಉಷ್ಣವಾಗಿಯೂ, ಇದ್ದರೆ, ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಆ ಸಂಧಿಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು (thermo-e mf) ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ದೆಸೆಯಿಂದ ಆ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು (thermo–electric current) ಹರಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರದ ಪ್ರಮಾಣವು ಆಯಾ ಲೋಹಯುಗ್ಮಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ, ಸಂಧಿ ಗಳ ನಡುವಣ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಮೈಕ್ರೋವೋಲ್ಟ್ ಅಥವಾ ಮಿಲ್ಲಿವೋಲ್ಟ್ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುವುದ ರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಉಪಕರಣಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ, ಇದನ್ನು 'ಸೀಬೆಕ್ ಪರಿಣಾಮ'ವೆಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ.

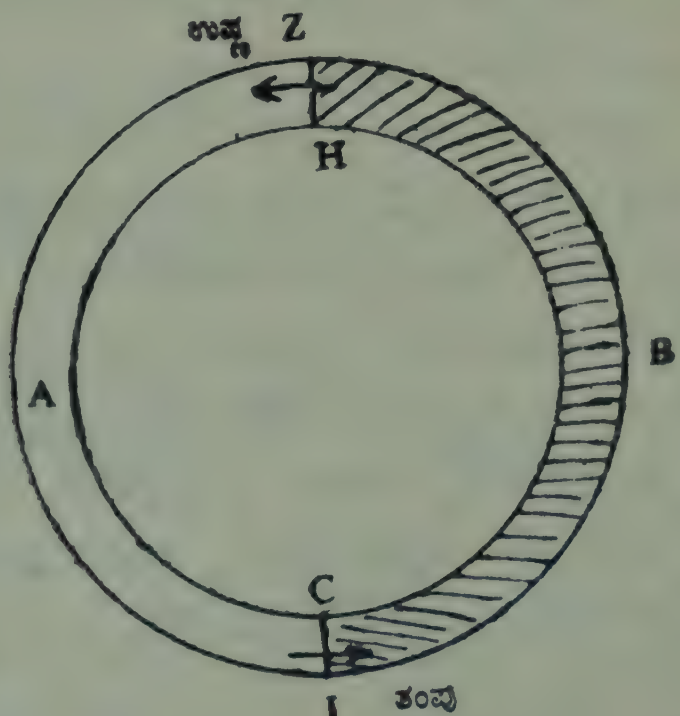
ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಸುಮಾರು 34 ಲೋಹಗಳ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು

ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಿ ಸೀಬೆಕ್ ವಿವರಿಸಿದನು-ಈ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲವನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಆಂಟಿಮೋನಿ, ಕಬ್ಬಿಣ, ಸತುವು (Zn), ತಾಮ್ರ, ಬೆಳ್ಳಿ. **ಸೀಸ**, ಇಂಡಿಯಂ (Pt-Ir), ಪ್ಲಾಟಿನಂ, ನಿಕ್ಕಲ್ ಮತ್ತು **ಬಿಸ್ಮತ್** ಈ ಜೋಡಣೆಯಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅರ್ಥವಿದೆ-ನಾವು ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮ Thermo-couple ದಲ್ಲಿ ಆರಿಸುವ ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪೂರ್ವಭಾಗದಲ್ಲಿ (earlier in the list) ಯು ಮತ್ತೊಂದು ಉತ್ತರ ಭಾಗದಲ್ಲಿಯೂ (later) ಇದ್ದರೆ, ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು, ತಂಪುಸಂಧಿಯ ಮೂಲಕ ಪೂರ್ವಲೋಹದಿಂದ ಉತ್ತರ ಲೋಹದ ಕಡೆಗೆ ಹರಿಯುತ್ತದೆ.

ಉದಾಹರಣೆ ಆಂಟಿಮೋನಿ-ಬಿಸ್ಮತ್ (A-B) ಯುಗ್ಮದಲ್ಲಿ A ಇಂದ B ಗೆ ತಂಪು ಸಂಧಿಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತದೆ. Antimony to Bismuth across the cold-(ABC) ಹಾಗೆಯೇ ಕಬ್ಬಿಣ (I), - ತಾಮ್ರ (C) ಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, I ಇಂದ Cಗೆ ತಂಪುಸಂಧಿಯ ಮೂಲಕ (ICC) ಹರಿಯುತ್ತದೆ.

ಪೂರ್ವಲೋಹಕ್ಕೂ ಉತ್ತರ ಲೋಹಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಲೋಹಗಳ ಅಂತರವು ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟೂ, ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ನಾವು ಪಟ್ಟಿಯ ಮೊದಲು ಮತ್ತು ಕೊನೆಯ ಲೋಹಗಳಾದ ಆಂಟಿಮೊನಿ-ಬಿಸ್ಮತ್ (A-B) ಗಳನ್ನು ಆರಿಸಿದರೆ, ಇವುಗಳ ಸಂಧಿಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕು.



ಚಿತ್ರ 7.1 ಸೀಬೆಕ್ ಪರಿಣಾಮ

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ A,B ಗಳು ಆಂಟಿಮೊನಿ-ಬಿಸ್ಮತ್ ಆಗಿರಲಿ ಇವುಗಳು ಸಂಧಿಸ್ಥಳಗಳು 1 (C) ಮತ್ತು 2 (H) ತಂಪು ಮತ್ತು ಉಷ್ಣವಾಗಿರಲಿ ಆಗ, ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ABC ಮಾರ್ಗವಾಗಿಯೂ, BHA ಮಾರ್ಗವಾಗಿಯೂ ಹರಿಯುತ್ತದೆ.

ಈ ಯುಗ್ಮಕ್ಕೆ ಒಂದು °C ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಪ್ರಮಾಣವು ಸುಮಾರು 1.2 ಮಿಲ್ಲಿವೋಲ್ಟ್ (1.2×10^{-3})ಗಳಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ.

7.2 (a) ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಲೋಹಗಳ ಸೂತ್ರ Law of Intermediate Metals

A,B ಗಳು ಎರಡು ಲೋಹಗಳಾಗಿರಲಿ. ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು θ°C ಆಗಿರಲಿ–ಅಗ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು ${}_Ae_B$ ಆಗಿರಲಿ C ಎಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ಲೋಹವನ್ನು ತೆಗೆದು ಕೊಂಡು, B–C ಗಳ ನಡುವೆ θ°C ಉಷ್ಣಾಂಶವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ emf ಪ್ರಮಾಣವು ${}_Be_C$ ಆಗಿರಲಿ ಹೀಗಿದ್ದರೆ ನಾವು AB ಗಳನ್ನು ಒಂದು ಯುಗ್ಮವನ್ನಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, θ°C ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಅವುಗಳ emf ${}_Ae_C$ ಆಗಿರಲಿ,

ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ

$${}_Ae_B + {}_Be_C = {}_Ae_C. \qquad 7.1$$

(b) ಇನ್ನು ಒಂದೇ ಯುಗ್ಮವನ್ನು (A – B) ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸಮಾಡಿದರೆ. emf. ಗಳೂ ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ

${}_1e_2$ = T_1° ಮತ್ತು T_2^0ಗಳ ನಡುವೆ e.mf.

${}_2e_3$ = T_2 ಮತ್ತು T_3^0 ಗಳ ನಡುವೆ e.mf.

${}_1e_3$ = T_1 ಮತ್ತು T_3^0 ಗಳ ನಡುವೆ e.m.f ಆದರೆ,

ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ

$${}_1e_2 + {}_2e_3 = {}_1e_3 \qquad 7.2$$

ಇಲ್ಲಿ ಲೋಹಯುಗ್ಮವು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು, ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ e ಗೂ ಉಷ್ಣಾಂಶವ್ಯತ್ಯಾಸ T ಗೂ ನೇರವಾದ ಸಂಬಂಧವಿರುವಂತೆ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

7.3. ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವನ್ನು ಅಳೆಯುವ ಪ್ರಯೋಗ-ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಮಾಪಕದ ವಿಧಾನ (Determination of the thermo-e.mf. by the potentiometer method).

ಎರಡು ಭಿನ್ನ ಲೋಹಗಳ ಒಂದು ಉಷ್ಣ-ಯುಗ್ಮದ ಎರಡು ಸಂಧಿಗಳ ನಡುವೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದರ ಮೌಲ್ಯವು ಈ ಕೆಳಗಿನ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

(*i*) ಆಯಾ ಲೋಹಗಳ ಸ್ವರೂಪ

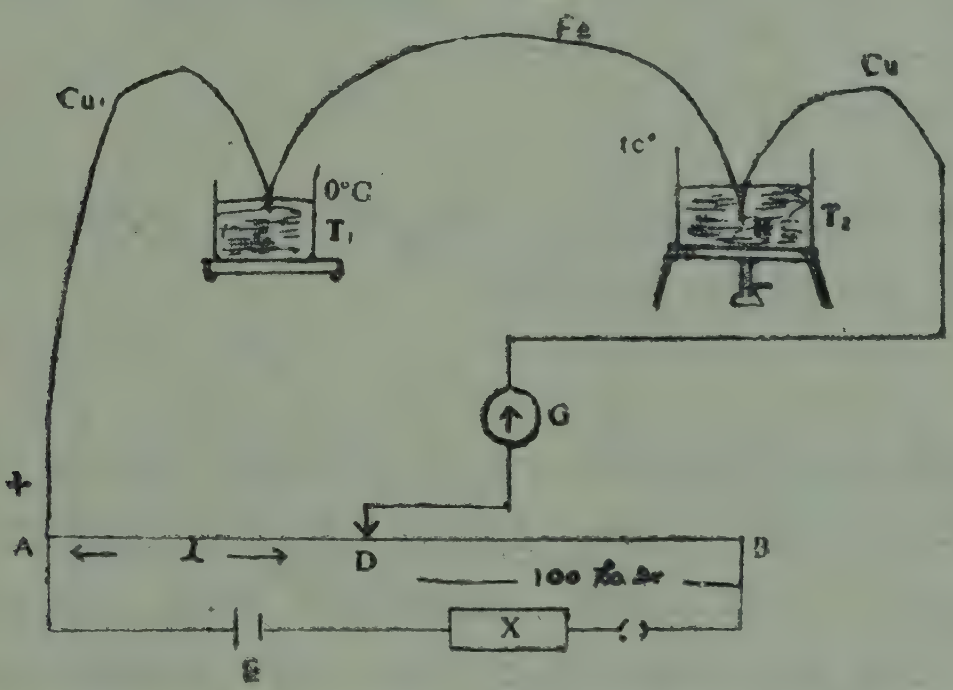
(2) ಸಂಧಿಗಳ ನಡುವಣ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸ

ಈ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಮಿಲ್ಲಿ-ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಈಗಾಗಲೇ ವಿವರಿಸಿರುವಂತೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಮಾಪಕವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ನಾವು ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣ-ತಾಮ್ರಗಳ ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇವುಗಳ ಒಂದು ಸಂಧಿಯನ್ನು 0°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಇರಿಸಿ. ಮತ್ತೊಂದು ಸಂಧಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಏರಿಸುತ್ತಾ ಹೋದರೆ, ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಅಳೆದರೆ ಈ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (e) ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸ T (T_2-T_1) ಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ರೇಖಾ ಚಿತ್ರದ ಮುಖಾಂತರ ತೋರಿಸಬಹುದು.

ಈಗ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಮಾಪಕದ ರಚನೆಯ ವಿಧಾನವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಿಂದ ಕಾಣಬಹುದು. AB ಎಂಬುದೇ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರದ ತಂತಿಯಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಉದ್ದ = 100 ಸೆಂ.ಮೀ; ರೋಧ= R ಓಂಗಳಾಗಿರಬಹುದು ಇದನ್ನು ಒಂದು ಸ್ಟೋರೇಜ್ ಕೋಶ E ಯೊಂದಿಗೆ ಮತ್ತೊಂದು ರೋಧದ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯೊಂದಿಗೆ Resistance Box ಶ್ರೇಣಿಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಬಹುದು ಕಬ್ಬಿಣ-ತಾಮ್ರ Iron-Copper ದ ತಂತಿಯುಗ್ಮದ ತಂಪುಸಂಧಿಯು cold C ಆಗಿದ್ದರೆ ಇದನ್ನು 0°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಿರ ಬಹುದು. ಮತ್ತೊಂದು ಸಂಧಿ (H) ಯನ್ನು ಒಂದು

ಚಿಂಚು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎಣ್ಣೆಯೊಳಗೆ ಮಜ್ಜನ ಮಾಡಿಸಿರಬಹುದು. ಇದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಕ್ರಮೇಣ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತಾ ಹೋಗಲು ಒಂದು ಜ್ವಾಲಕ (Burner) ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು- ತಂಪುಸಂಧಿಯಿಂದ ಬರುವ ತಂತಿಯನ್ನು A ತುದಿಗೂ + ಇನ್ನೊಂದು ಸಂಧಿಯನ್ನು H ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ (Senstive golvanometer)ಮೂಲಕ D ಎಂಬ ಚಲಿಸುವ ಲೋಹದ ತುಂಡಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಬಹುದು.

ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಆರಂಭಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ ಕೆಲವು ಸಿದ್ಧತೆ



ಚಿತ್ರ 7.2 ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯು-ಪ್ರಚ್ಚನ್ನಾಂತರವನ್ನು ಅಳೆಯುವ ಪ್ರಯೋಗ

ಗಳನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಂಡಿರಬೇಕು. ಸೂಕ್ಷ್ಮಪ್ರಮಾಣದ e.m.f ಗಳನ್ನು ಅಳೆಯು ವಂತೆ ಮಾಡಿರಬೇಕು.

E = ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ e.m.f

R = AB ತಂತಿಯರೋಧ

X = ರೋಧಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಿಂದ ತೆಗೆಯುವ ರೋಧ

AB ತಂತಿಯ ಉದ್ದವು 100 ಸೆಂ. ಮೀ.ಗಳಾಗಿರಲಿ

AB ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ

$$I = \frac{E}{R+X}$$

A,B ಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $= \frac{ER}{R+X}$ 7.3

1 ಸೆಂ.ಮೀ. ಉದ್ದದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $= \frac{ER}{100\,(R+X)}$

E = 2, ವೋಲ್ಟ್; R = 10 ಓಂ X = 1990 ಓಂಗಳಾದರೆ

1 ಸೆಂ.ಮೀ. ಉದ್ದದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ $= \frac{2 \times 10}{100(1990 \times 10)} = 10^{-4}$ ವೋಲ್ಟ್

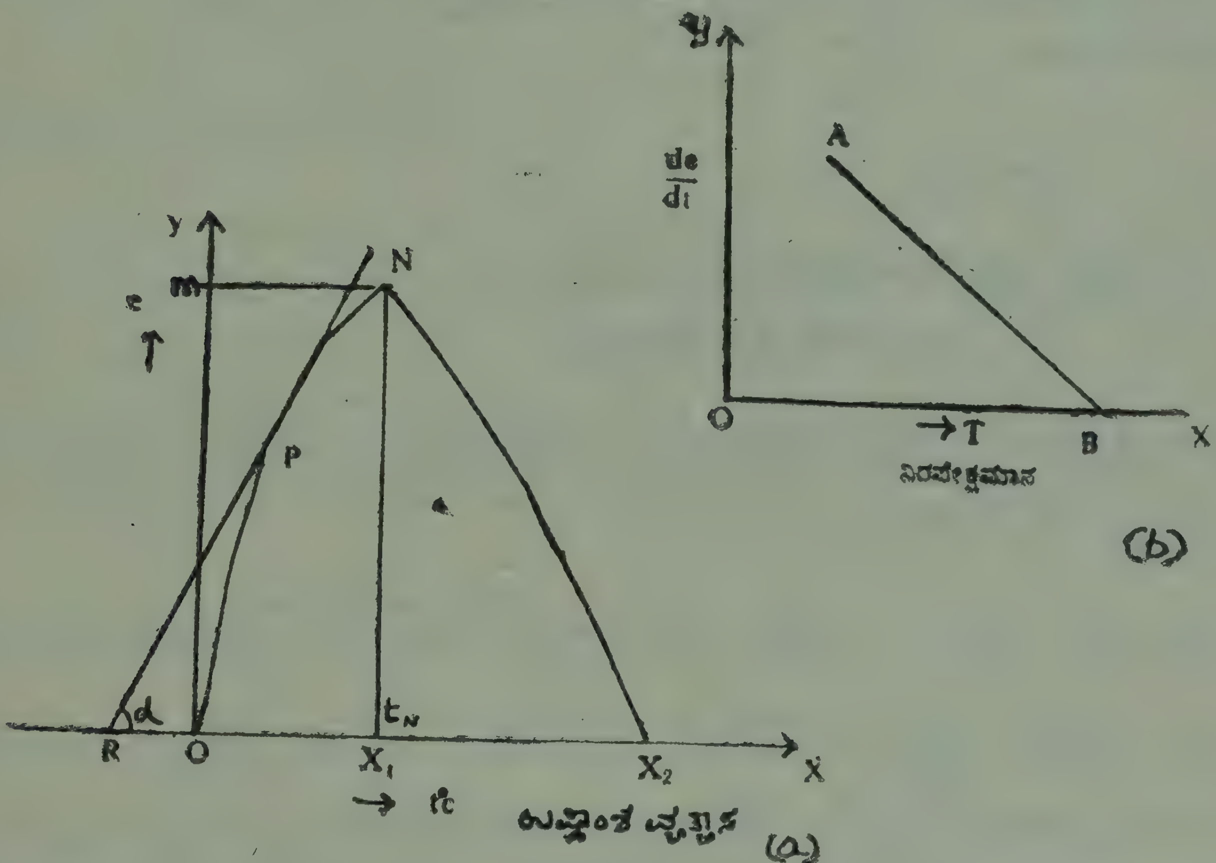
= 0.1 ಮಿಲ್ಲಿ ವೋಲ್ಟ್. 7.4

C–H ಸಂಧಿಗಳ ನಡುವೆ t°c ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವಾಗ, D ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದುವಾಗಿ AD = l ಸೆಂ. ಮಿ. ಆದರೆ,

ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ = e = $10^{-4} \times l$ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಾಗುತ್ತದೆ kl 7.5
ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ t°c ಮೌಲ್ಯವನ್ನೂ ಕ್ರಮೇಣ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, D ಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನವೂ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ ಆದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ e ಮೌಲ್ಯವು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ t°c–e ಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ರೇಖಾಚಿತ್ರವನ್ನು ರಚಿಸಬಹುದು. D–ಶೂನ್ಯಬಿಂದುವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು G ಎಂಬ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ತೂಗು-ತಂತಿ (Suspended coil) ಮಾದರಿಯ

T_1 ತಂಪು ಸಂಧಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ	T_2 (H) ಉಷ್ಣ ಸಂಧಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ	$(T_2 - T_1)$ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸ = t°c	k = 1 ಸೆಂ.ಮೀ ಉದ್ದದ P.D	AD = l	e = Kl ವೋಲ್ಟ್
0°C	20°C	20°C	0.1 ಮಿಲ್ಲಿ ವೋಲ್ಟ್	—	—
,,	30°C	30°C	,,	—	—
,,	40°C	40°C	,,	—	—
,,	50°C	50°C	,,	—	—

ಮಾಪಕವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದಕ್ಕೆ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ದರ್ಪಣದಿಂದ (Mirror) ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವ ಬೆಳಕಿನ ರೇಖೆಗಳ ಬಿಂಬವನ್ನು 1 ಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಸ್ಕೇಲ್‌ನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ವಿಲ್ಲದಿರುವಾಗ ಈ ರೇಖೆಯು ಸಮಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲುವ ಸೂಚ್ಯಾಂಕ (Reading) ಗಮನದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು. ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದುವನ್ನು (D) ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವಾಗಲೂ, ರೇಖೆಯು ಸೂಚ್ಯಾಂಕವು ಪೂರ್ವಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವಂತಿರಬೇಕು. ಅದೇ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೇ, C–H ಸಂಧಿಗಳ ನಡುವಣ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸ (t°c)ವನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕು.



ಚಿತ್ರ 7.3 e–T ನಕ್ಷೆಗಳು

Cu-Fe· ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮವನ್ನೇ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸ(t°c) ಮತ್ತು e ಪ್ರಮಾಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಒಂದು ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದು. ಈ ಅಂಕಿಅಂಶಗಳನ್ನು ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಚಿತ್ರ (7.3)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ e–t ನಕ್ಷೆಯು ಬರುತ್ತದೆ.

(i) $t=o$ ಇದ್ದಾಗ $e=o$ ಆಗಿದ್ದು, ಅನಂತರ ಏರುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

(ii) $OX_1 = t_N$ ಆಗಿರುವಾಗ, e ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಇದು $OM = e_{max}$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶ (t_N)ವನ್ನು ತಟಸ್ಥ ಉಷ್ಣಾಂಶವೆಂದು (Neutral Temperature) ಕರೆಯುಬಹುದು.

(iii) ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು t ಹೊಂದುವಾಗ e ಇಳಿಯುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ–ಕೊನೆಗೆ, X_2 ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ $OX_2 = t_1$ ಆದರೆ, e = o ಆಗುತ್ತದೆ–ಇನ್ನು ಮುಂದೆ e ಋಣಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದುವ ಸೂಚನೆ ಇದೆ.

$OX_2 = t_I =$ ವಿಪರ್ಯಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ (Temperature of inversion) ಎಂದು ಕರೆಯುಬಹುದು.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ONX_2 ವಕ್ರರೇಖೆಯು ಒಂದು ಪರವಲಯ (Parabola) ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

$$t_I = 2t_N$$

Cu-fe-ಯುಗ್ಮಕ್ಕೆ $t_N = 290°C$ (ಸುಮಾರು)

$t_I = 580°$ (ಸುಮಾರು)

ಈಗ ಈ ಚಿತ್ರದಿಂದಲೇ ಮತ್ತೊಂದು ಉಪಯುಕ್ತ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಎಳೆಯುಬಹುದು ಇದನ್ನು 7.3 (b) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ

ಇದರ OX ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ನಿರಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣಾಂಶ T (absolute temprature)ವನ್ನೂ OY ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ $\frac{de}{dT}$ ಅಂದರೆ, T ಒಂದಿಗೆ e ಮೌಲ್ಯವು ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದುವ ದರವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಎಳೆಯುಬೇಕಾದರೆ, 7·3 (a) ಚಿತ್ರದ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ P ಎಂಬ ಒಂದು ಬಿಂದುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಆದರಿಂದ PR ಎಂಬ ಸ್ಪರ್ಶರೇಖೆಯನ್ನು (tangent) ಎಳೆದರೆ, ಇದರ ಪ್ರವಣತೆಯೇ (gradient) $\frac{de}{dT}$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಆಂದರೆ $\frac{de}{dT} = \tan \alpha$ [ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು]

P ಬಿಂದುವಿಗೆ ಸರಿಹೊಂದುವ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು T°ನಲ್ಲಿ ಇಡಬೇಕು.

T, $\frac{de}{dT}$ ಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧ ರೇಖೆಯು AB ಯಾಗಿರುತ್ತದೆ–ಇದು

(a) ಚಿತ್ರದ ON ಭಾಗಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ.

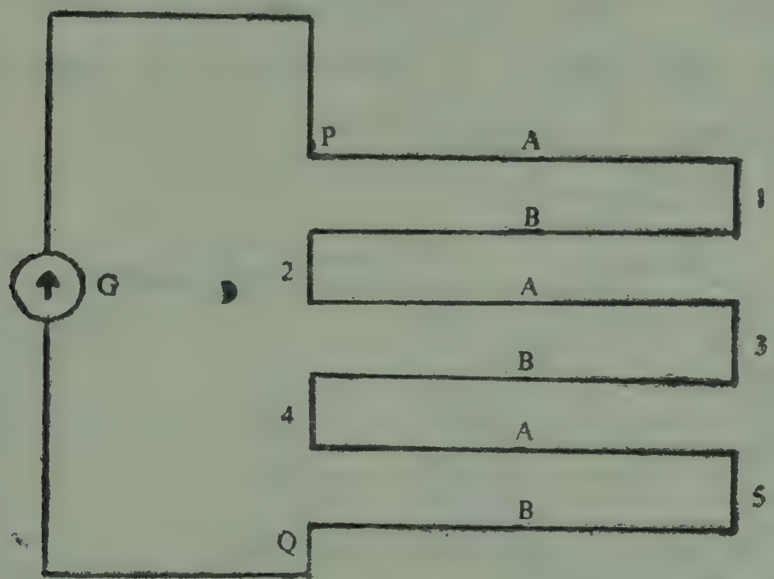
N ಬಿಂದುವು ತಟಸ್ಥ ಬಿಂದುವಾದರೆ, $\frac{de}{dT} = O$ ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ [7.3 (b)] ದಲ್ಲಿ

B ಬಿಂದುವು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, $OB = t_N$ ಆದರೆ, $\frac{de}{dt} = O$

$\frac{de}{dT}$ = ಉಷ್ಣ–ವಿದ್ಯುತ್–ಪವರ್(Thermo-electric power) ಎಂದೂ

$T - \frac{de}{dT}$ ರೇಖೆಯಿಂದ AB ಯನ್ನು ಉಷ್ಣ–ವಿದ್ಯುತ್-ರೇಖೆ (Thermo-electrie line) ಎಂದು ಕರೆಯುವುದುಂಟು.

ಒಂದೇ ಒಂದು ಜೋಡಿ (A-B) ತಂತಿಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಇಂಥ ಹಲವಾರು ಯುಗ್ಮಗಳ ಹಲವಾರು ಅಂಗಗಳನ್ನು ಶ್ರೇಣಿಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸುವುದರಿಂದ, ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಉಷ್ಣ - ವಿದ್ಯುತ್ e.m.f. ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (7.4) ತೋರಿಸಿರುವುದು ಇಂಥ ಒಂದು ಉಷ್ಣ–ಸಂಚಯವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. A, A



ಚಿತ್ರ 7.4 ಉಷ್ಣ–ಸಂಚಯ Thermo-pile

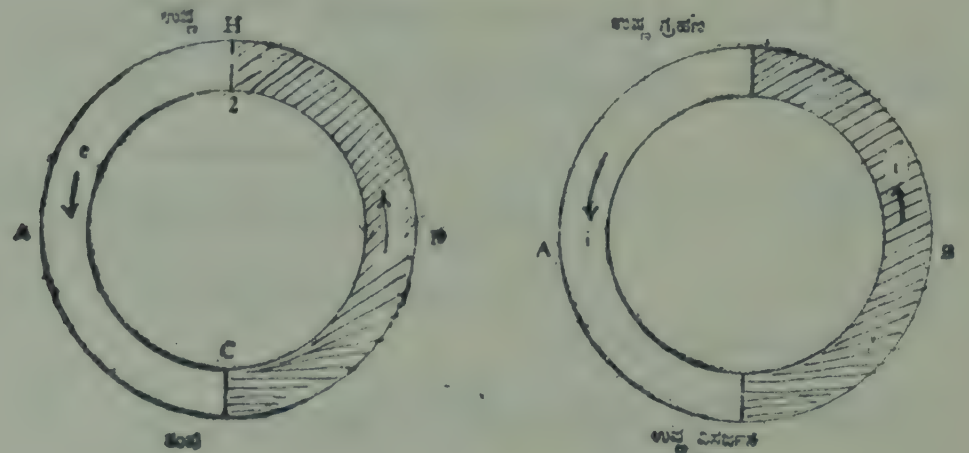
ಗಳೆಲ್ಲಾ ಒಂದು ಲೋಹ (ಆಂಟಿಮೊನಿ)ನ್ನೂ B, B ಗಳಲ್ಲಿ ಬಿಸ್ಮತ್ತನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸುತ್ತಿತೆ. ಇವುಗಳ ಸಂಧಿ (1,3,5) ಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ, ಕಪ್ಪುಮಸಿ ಹಚ್ಚುವುದರಿಂದ ಶಾಖಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಉಳಿದ, (2,4) ಸಂಧಿಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಒಂದು ಸಂಧಿಯಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ–ಕೊನೆಯ P,Q ಗಳನ್ನು G

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಈಗ (1,3,5) ಸೇರುವ ಒಂದು ಸಂಧಿಯ ಮೇಲೆ ಉಷ್ಣಕಿರಣವು ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, Gಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

7.4 ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮ (Peltier effect)

ಒಂದು ಭಿನ್ನಲೋಹಗಳ ಯುಗ್ಮದ ಸಂಧಿಗಳ ನಡುವೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಏರ್ಪಟ್ಟರೆ, ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಒಂದು ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ e.m.f ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದಾಯಿತು. ಇದೇ ಸೀಬೆಕ್ ಪರಿಣಾಮ.

ಈಗ ಇದೇ ಲೋಹಯುಗ್ಮವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದರ ಸಂಧಿಗಳನ್ನು ಒಂದು ಬಾಹ್ಯವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಆ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುದಂತಾದರೆ, ಒಂದು ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣದ ಗ್ರಹಣವೂ (absorption) ಮತ್ತೊಂದು ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣದ ವಿಸರ್ಜನೆಯೂ ಉಂಟಾಗುವ ಸಂಭವವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ 'ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮ' (Peliter effect) ಎಂದು ಹೆಸರು ಸೀಬೆಕ್ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಈ ಸಂಭವವನ್ನು 1834ರಲ್ಲಿ 'ಪೆಲ್ಟಿಯರ್' ಪ್ರಕಟಪಡಿಸಿದನು. ಇವೆರಡನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸಲು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ A,B ಎಂಬ ಎರಡು ಲೋಹಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುವಾಗಲೆಲ್ಲ, ಬೇರೆ ಏನೂ ಸೂಚನೆಗಳಿಲ್ಲವಿದ್ದರೆ, ಆಂಟಿಮೊನಿ, ಬಿಸ್ಮತ್ (Sb, Bi) ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು



ಚಿತ್ರ 7.5 ಸೀಬೆಕ್ ಮತ್ತು ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮಗಳು

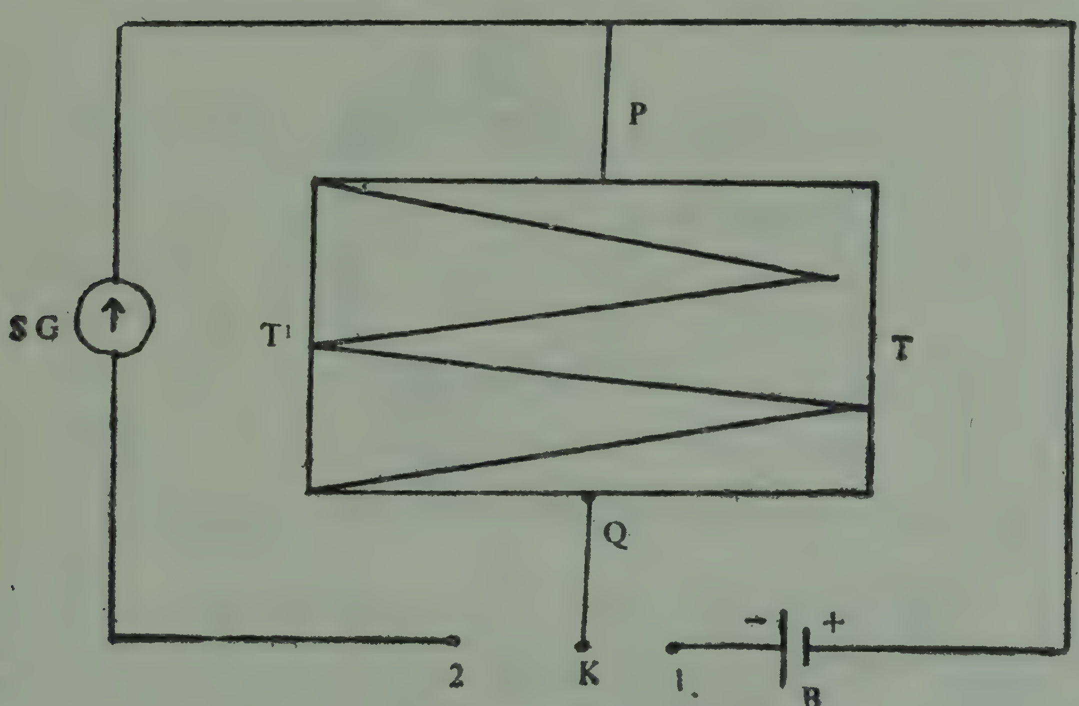
(C) (2)

ಚಿತ್ರ [a] ದಲ್ಲಿ 1, ತಂಪು ಸಂಧಿಯಾಗಿಯೂ, H ಉಷ್ಣ ಸಂಧಿಯಾಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ, ಈ ಸಂಧಿಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು (e)

ಏರ್ಪಟ್ಟು A ಇಂದ Bಗೆ 1 ಸಂಧಿಯ ಮೂಲಕ t ಎಂಬ ಉಷ್ಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈಗ (b) ಚಿತ್ರವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ, 2,1 ಸಂಧಿಗಳನ್ನು ಒಂದು ಬಾಹ್ಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಕ್ಕೆ ಸಂಧಿಸಿ. ಅದರಿಂದ 1 ಸಂಧಿಯ ಮೂಲಕ A ಇಂದ Bಗೆ i ಎಂಬ ಬಾಹ್ಯವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ, 1ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವಿಸರ್ಜನೆಯೂ, 2ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣವೂ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ, 1ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ **ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯೂ**, 2ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತವೂ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ

ಈಗ ಎರಡು ಚಿತ್ರಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, (a) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ e-ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವ ನೇರದಲ್ಲಿ ತಂಪು ಸಂಧಿಯನ್ನು (1) ಕಾಯಿಸುವಂತೆಯೂ, (2) ಉಷ್ಣಸಂಧಿಯನ್ನು ತಂಪು ಮಾಡುವಂತೆಯೂ ಇರುವ ಪ್ರವರ್ತನೆಯು (b) ಚಿತ್ರದಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗದ ಮೂಲಕ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲು ಚಿತ್ರ (7.6)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ರಚನೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು,



ಚಿತ್ರ 7.6 ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮದ ಪ್ರದರ್ಶನ

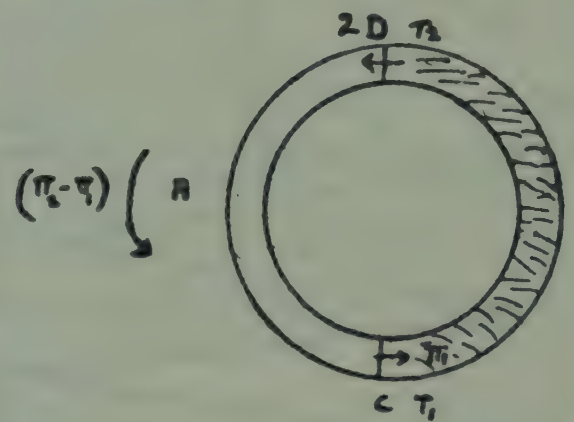
B ಎಂಬುದು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ--T ಎಂಬುದು ಒಂದು ಉಷ್ಣಸಂಚಯ G ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕ. K ಎಂಬುದು ಎರಡು ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುವ ಒಂದು ಬೆಣೆ (key).

K ಮತ್ತು I ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದರೆ, T ಮೂಲಕ ಸ್ವಲ್ಪಕಾಲ ಗೊತ್ತಾದ ಒಂದು ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತದೆ–ಇದಾದ ನಂತರ, K-1

ಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ K-2 ಗಳನ್ನು ಸಂಧಿಸಿದರೆ, G ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಸೂಜಿಯು ಪಲ್ಲಟ ಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, T ಯ ಎರಡು ಮುಖಗಳ (T, T^1) ನಡುವೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರಬೇಕು. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಲು, ಮೊದಲು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ (B) ದಿಂದ ಪ್ರವಹಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವೇ ಕಾರಣವಾಗಿದ್ದಿರ ಬೇಕು. ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, B ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಆಂಟಿಮೊನಿಯಿಂದ ಬಿಸ್ಮತ್‌ಗೆ ಹರಿಯುವ ನೇರದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವಿಸರ್ಜನೆಯಾಗಿ ಅದರ ಉಷ್ಣವು ಏರುತ್ತದೆ. ಇದು ಚಿತ್ರ [7.5 (b)] ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

7.5 ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮದ ತತ್ವ ನಿರೂಪಣೆ

ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಬೇಕಾದರೆ, ನಾವು ಒಂದು ಕಲ್ಪನೆ ಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾದುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಇದರ ರೂಪವು ಹೀಗಿರಬೇಕು. B (ಬಿಸ್ಮತ್) ಇಂದ A (ಆಂಟಿಮೊನಿಗೆ)ಗೆ, ಒಂದು ಸ್ಥಿರವಾದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ(emf)ವು



ಚಿತ್ರ 7.7 ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮದ ತತ್ವ

ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವನ್ನು ಎದುರಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಮಾಡಲ್ಪಡಬೇಕು, ಆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವೇ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾಡುವಂತೆ ಇದ್ದರೆ. ಲೋಹದಿಂದ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣವಾಗಬೇಕು.

ಈ ಸ್ಥಿರವಾದ, ಎರಡು ಲೋಹಗಳ ನಡುವೆ, ಇರಬೇಕಾದ e.mf ಗೆ ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (Peltier e.m.f) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದನ್ನು π ಸಂಕೇತದಿಂದ ಸೂಚಿಸುವುದು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ಸಂಧಿಯ ಮೂಲಕ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣದ ಹರಿಯುವಿಕೆಯು q ಕೂಲಾಂಬ್‌ಗಳಾಗಿಯೂ, ಆ ಸಂಧಿ ಯಲ್ಲಿ ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು π ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳೂ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಆ ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ

ಗ್ರಹಣವಾಗುವ, ಅಥವಾ ವಿಸರ್ಜಿಸಲ್ಪಡುವ ಉಷ್ಣ ಪ್ರಮಾಣವು H ಜೂಲ್‌ಗಳಿಗೆ ಸಮನಾಗಿದ್ದರೆ (1 ಕ್ಯಾಲರಿ = 4.2 ಜೂಲ್‌ಗಳು)

$$H = \pi q. \qquad 7.6$$

ಆ ಸಂಧಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರಿದಂತೆಲ್ಲ π ಪ್ರಮಾಣವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. π ಯನ್ನು ಪೆಲ್ವಿಯರ್ ಗುಣಾಂಶ (Peltier co-efficient) ವೆಂದೂ ಕರೆಯುವುದುಂಟು.

ಈಗ ಚಿತ್ರ (7.7)ವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, C ಸಂಧಿಯು T_1^0 (ನಿರಪೇಕ್ಷಕ) ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ, D ಸಂಧಿಯು T_2° (ನಿರಪೇಕ್ಷಕ) ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ ಇದ್ದು $T_2 < T_1$ ಆದರೆ. D ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ B ಇಂದ A ನೇರದಲ್ಲಿ π_2.

C ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ B ಇಂದ A ನೇರದಲ್ಲಿ π_1 ಗಳು ಪೆಲ್ವಿಯರ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರಗಳಾದರೆ, ಒಟ್ಟನಲ್ಲಿ ಫಲಿತ (resultant) e.m.f $= \pi_2 - \pi_1$ ಆಗಿ, ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ದೊಡ್ಡ → ಚಿಹ್ನೆಯು ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಎಡದಿಂದ ಬಲಗಡೆಗೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡಬೇಕು.

ಈ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ q ಕೂಲಾಂಬ್‌ಗಳು ಹರಿದರೆ,

D ನಲ್ಲಿT_2° ಉಷಾಂಶದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ $= \pi_2 q$ ಜೂಲ್‌ಗಳು

(C) ಯಲ್ಲಿT_1° ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವಿಸರ್ಜನೆ $= \pi_1 q$ ಜೂಲ್‌ಗಳು 7.7

ಈ ಸಂಭವವು ವಿಪರ್ಯಸ್ತ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ (reversible) ಇರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಇದನ್ನು ಒಂದು ಉಷ್ಣಯಂತ್ರದಂತೆ (heat engine) ಭಾವಿಸಿ, ಇದಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮ (Second Lew of Thermodynamics) ವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ. ಉಷ್ಣಸಂಧಿ (D) ಯನ್ನು ಮೂಲ (Source) ದಂತೆಯೂ, ತಂಪುಸಂಧಿಯನ್ನು (c) ತೊಟ್ಟಿಯಂತೆಯೂ (Sink)-ಭಾವಿಸಬೇಕು. ಆ ತತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ T_2°ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ Q_2 ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣವು, T_1^0 ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿQ_1 ಉಷ್ಣವಿಸರ್ಜನೆಯೂ ಆದರೆ, T_1^0, T_2^0ಗಳು ನಿರಪೇಕ್ಷಕ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿರುವುದರಿಂದ

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1} \qquad 7.8$$

ಇಲ್ಲಿ 7.7 ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ,

$Q_2 = \pi_2 q$ (ಜೂಲ್ ಮಾನದಲ್ಲಿ)

$Q_1 = \pi_1 q$ (ಜೂಲ್ ಮಾನದಲ್ಲಿ)

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\pi_2}{\pi_1} = \frac{T_2}{T_1} \qquad 7.9$$

$$\therefore \frac{\pi_2 - \pi_1}{\pi_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2} \qquad 7.10$$

ಬೇರೆ ಯಾವ e.m.f ಗಳೂ ಇಲ್ಲದೆ ಇದ್ದು, ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ e.m.f ಮಾತ್ರ ಇದ್ದಿದ್ದರೆ. $(\pi_2 - \pi_1) \propto (T_2 - T_1)$ಆಗಬೇಕು: 8.1

ಆದರೆ. ಇದು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಸರಿಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ, ಸೀಬೆಕ್ ಪರಿಣಾಮದ ಪ್ರಕಾರ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಲ್ಪಡುವ ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (e) ವು $(T_2 - T_1)$ ಉಷ್ಣಾಂಶವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುವಂತೆ ಕಂಡುಬರುವುದಿಲ್ಲ.

ಆದ್ದರಿಂದ $(\pi_2 - \pi_1) = e$ ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು "ಥಾಂಸನ್"(Thomsen) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮತ್ತೊಂದು ಕಲ್ಪನೆಯ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿ ಕೊಟ್ಟನು. ಈ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರೆತಿದೆ. ಈ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (e) ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು, ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ (e.m.f) ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರದ ಕಲ್ಪನೆಯು ಸಾಲದು ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ಮತ್ತೊಂದು ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಸೇರಿಸಿದರೆ, ಇವುಗಳೆರಡರ ಸಂಯೋಜನೆಯಿಂದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಂಪೂರ್ಣವಿವರಣೆಯು ದೊರಕುವುದು. ಈ ಹೊಸ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಥಾಂಸನ್ ಪರಿಣಾಮ (Thomson effect) ಎಂದು ಹೆಸರಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು.

ತಾಮ್ರ-ಕಬ್ಬಿಣ(Cn-Fe)ಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಒಂದು ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮವನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಆ ಸಂಧಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶ-ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ, ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (e)ವನ್ನು ಅಳೆದರೆ, ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಚಿತ್ರ 7.3 ತೋರಿಸುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. T_1, T_2 ಗಳು. ಎರಡು ಸಂಧಿಗಳ ಉಷ್ಣಗಳೂ. c = ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುತ್ e.m.f ಆದರೆ, $(T_2 - T_1)$ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋದರೆ e ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ತಟಸ್ಥ (t_N) ಮುಟ್ಟಿದಾಗ. e ಪ್ರಮಾಣವು ಅತ್ಯುಚ್ಚವಾಗದ್ದು, ಆ ಮೇಲೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಹೋಗಿ e=o ಕೂಡ ಆಗಿ, ಇನ್ನೂ ಮುಂದುವರಿಯುವಾಗ, e=ಋಣಮೌಲ್ಯ — ಆಗುತ್ತದೆ. ಈ ಒಂದು ನಿದರ್ಶನದಿಂದಲೇ

$e \propto (T_2 - T_1)$ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು

ಆದ್ದರಿಂದ $e \neq (\pi_2 - \pi_1)$ ಎಂದೂ (7.11) ಹೇಳಬಹುದು. 7.12

ಹೀಗಾಗಿ, ಥಾಂಸನ್ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಂತೆ ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮದೊಂದಿಗೆ ಮತ್ತೊಂದು ಪರಿಣಾಮವನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದ ಸನ್ನಿವೇಶವು ಅನಿವಾರ್ಯ ಈಗ ಥಾಂಸನ್ ಪರಿಣಾಮದ ವಿಷಯವನ್ನು ಮೊದಲು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು.

7.6 ಥಾಂಸನ್ ಪರಿಣಾಮ

ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮದಲ್ಲಿ ನಾವು ಎರಡು ಭಿನ್ನ ಲೋಹಗಳ ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ ಆದರ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಒಂದು (e m.t) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ವಿರಬೇಕೆಂದು ತೋರಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಇದು ಒಂದು ವಿಪರ್ಯಸ್ತಕ್ರಿಯೆ (reversible) ಯೆಂದೂ ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ.

ಈಗ ತಾಮ್ರ ಸರಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದರ ವಿವಿಧಭಾಗಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರದೆ ಇದ್ದರೆ. ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ತುದಿಯಿಂದ ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ತುದಿಯಕಡೆಗೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿದರೆ, ಉಷ್ಣವು ವಿಸರ್ಜಿಸಲ್ಪಡುವುದೂ, ತಂಪು ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಉಷ್ಣಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುವಾಗ, ಉಷ್ಣವು ಗ್ರಹಣವಾಗುವುದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಕಬ್ಬಿಣದ ಸರಳಿನ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದರೆ, ಉಷ್ಣಕಡೆಯಿಂದ ತಂಪುಕಡೆಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುವಾಗ, ಉಷ್ಣದ ವಿಸರ್ಜನೆಯುಂಟಾಗುವುದು ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿಣಾಮವು ಒಂದೇ ಮಾದರಿಯಾಗಿದ್ದರೂ ತಾಮ್ರ ಮತ್ತು ಕಬ್ಬಿಣಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ವಿರುದ್ಧ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ.

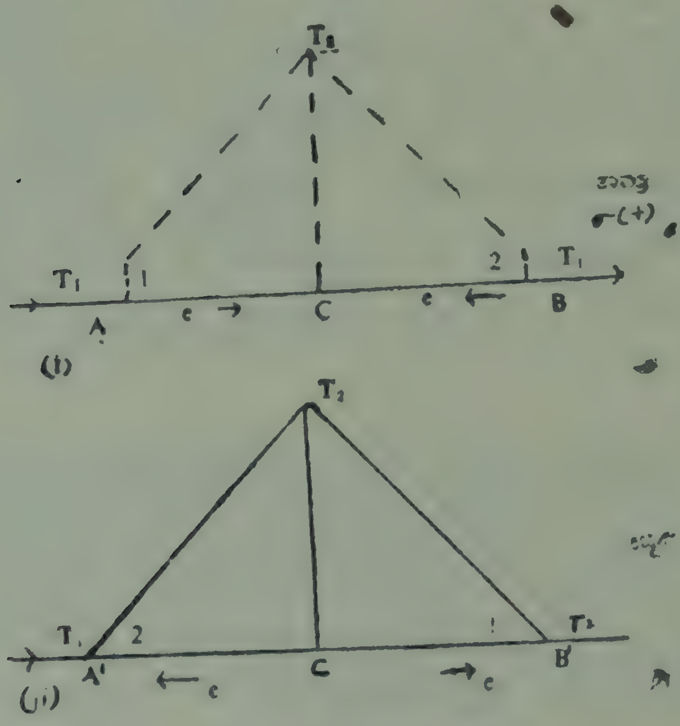
ಅಂದರೆ, ಈ ಪರಿಣಾಮದಲ್ಲಿ ಲೋಹವು ಮಾತ್ರ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಣತೆಯು (gradient) ಇರುವುದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಟ್ಟಾಗ, ಉಷ್ಣದ ಗ್ರಹಣ ಅಥವಾ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಥಾಂಸನ್ ಪರಿಣಾಮ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ.

ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ ಅಥವಾ ಉಷ್ಣವಿಸರ್ಜನೆಯ ಮೌಲ್ಯವು ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣ (charge)ವನ್ನೂ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಲೋಹದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ 1° C ಉಷ್ಣಾಂಶ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಒಂದು ಕೂಲಾಂಬ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುವಾಗ, ಗ್ರಹಣವಾಗುವ ಉಷ್ಣ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು, ಜೂಲ್‌ಮಾನದಲ್ಲಿ "ಥಾಂಸನ್ ಗುಣಾಂಕ" (σ) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣದ ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ, ಈ ಗುಣಾಂಕ (σ)ವನ್ನು "ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ" ("Specific heat of electricity") ಎಂದೂ ಕರೆಯುವುದುಂಟು.

ಇದರಿಂದ ನಾವು ಊಹಿಸಬೇಕಾದುದು ಏನೆಂದರೆ, ಥಾಂಸನ್ ಗುಣಾಂಕ (σ)ವನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರದಂತೆಯೇ (Thomson e.m.f) ಗಣಿಸಬೇಕು–ಈ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರದ ನೇರದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿದರೆ, ಉಷ್ಣವು ಗ್ರಹಣವಾಗಬೇಕು – ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ನೇರವು ವಿರೋಧದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಉಷ್ಣದ ವಿಸರ್ಜನ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ವಿಪರ್ಯಸ್ತಕ್ರಿಯೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಿರೋಧವರ್ತನೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲು σ ಮೌಲ್ಯವು + ಅಥವಾ - (ಧನ ಅಥವಾ ಋಣ) ಎಂದು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ–ತಾಮ್ರಕ್ಕೆ σ + ಆಗಿಯೂ, ಕಬ್ಬಿಣಕ್ಕೆ σ — ಆಗಿಯೂ ಇರುವುದು. ಇದನ್ನು ತೋರಿಸಲು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರವು ಸಹಾಯಕವಾಗುವುದು.



ಚಿತ್ರ 7.8 ಥಾಂಸನ್ ಪರಿಣಾಮ

ಚಿತ್ರ (i) σ (+) Cd, Zn, Ag, Cu.

ಈ ಲೋಹಗಳ ACB ಎಂಬ ಒಂದು ಸರಳಿನ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ವನ್ನೂ ACB ನೇರದಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡಿಸಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಇದರಲ್ಲಿ A,B ತುದಿಗಳು $T_1°$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ, ಇದರ ಮಧ್ಯಬಿಂದು (C)ವು $T_2°$ನಲ್ಲಿಯೂ ಇದ್ದು $T_2 > T_1$ ಆದರೆ,

$\overrightarrow{AC}$ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣವೂ (ಥಾಂಸನ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (e) Aಯಿಂದ Cಗೆ) CB ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವಿಸರ್ಜನೆಯೂ (BC ನೇರದಲ್ಲಿ ಥಾಂಸನ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ e)

ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ $\overline{\sigma = +}$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

<u>ಚಿತ್ರ</u> (ii) $\sigma(-)$ <u>Fe, Pt ಮತ್ತು Pd</u>

ಚಿತ್ರ (i)ದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ನೇರ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ, A'ನಿಂದ C'ಗೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚುವ ನೇರದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಹಿಸಿದಾಗ, ಉಷ್ಣವಿಸರ್ಜನೆಯೂ, C'ನಿಂದ B'ಗೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯುವ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣವೂ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ.

ಇದನ್ನೂ ಸೂಚಿಸಲು ಕೆಳಗಿನ ಸೂತ್ರವು ಸಹಾಯಕವಾಗುವುದು.

ಈಗ ಚಿತ್ರ (i)ವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, $\sigma +$ ಆಗಿರುವಾಗ,

A ತುದಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು $T_1°$ (ನಿರಪೇಕ್ಷಕ) ಆಗಿಯೂ, Cಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ $T_2°$ (ನಿರಪೇಕ್ಷಕ) ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇದ್ದರೆ, ಇವುಗಳ ನಡುವೆ q ಕೂಲಾಂಬ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿದು, $\sigma =$ ಥಾಂಸನ್ ಗುಣಾಂಕವಾಗಿದ್ದರೆ,

ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣದ ಪ್ರಮಾಣವು $q\int_{T_1}^{T_2} \sigma dT$ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. 7.3

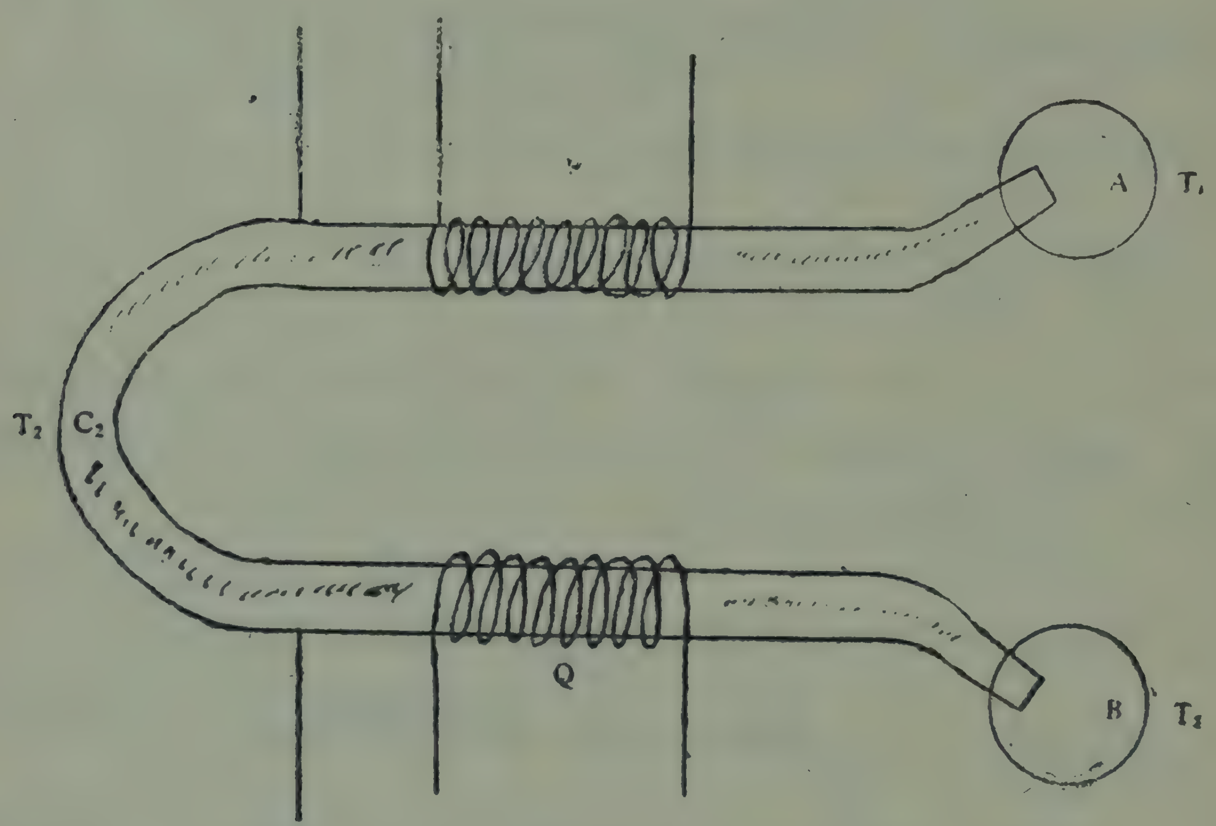
ಇದು ಜೂಲ್ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ.

σ ವು–ಆಗಿದ್ದರೆ, ಈ ಸಂಕೇತದ ಪ್ರಕಾರ ಉಷ್ಣದ ಗ್ರಹಣಕ್ಕೆ ಬದಲು ಉಷ್ಣದ ವಿಸರ್ಜನೆಯಾಗಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ,

ಒಂದು ಬಿಂದುವು $T_1°$ನಲ್ಲಿದ್ದು, ಮತ್ತೊಂದು $(T_1+dT)°$ನಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಥಾಂಸನ್ e.m.f (e) ಪ್ರಮಾಣವು $\sigma \cdot dT$ ಆಗಿರಬೇಕು.

7.7 ಥಾಂಸನ್ ಪರಿಣಾಮದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಮರ್ಥನೆ

ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಗುಣಾಂಕ (π)ಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಥಾಂಸನ್ ಗುಣಾಂಕ (σ)ವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಮೌಲ್ಯವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು. ಇಂಥ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಸ್ಟಾರ್ಲಿಂಗ್ (Starling) ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದನು. ಇದರ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಿಂದ ಕಾಣಬಹುದು (7.6)



ಚಿತ್ರ 7.8 ಸ್ಟಾರ್ಲಿಂಗ್ ಪ್ರಯೋಗ

ACB ಎಂಬುದು ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ಕಬ್ಬಿಣದ ಸರಳಾಗಿದ್ದು, AC,BC ಬಾಹುಗಳು ಉದ್ದವಾಗಿದ್ದು ಇವುಗಳನ್ನು C ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಬಗ್ಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಉದ್ದ ಬಾಹುಗಳಿಗೆ P,Q ಎಂಬ ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧ ತಂತಿಸುರುಳಿ (Resistance coils) ಗಳನ್ನೂ ಒತ್ತಾಗಿ ಸುತ್ತಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಆಸ್‌ಬೆಸ್ಟಾಸ್ ಉಣ್ಣೆ (asbestas wool) ಯಿಂದ ಆವರಿಸಿದೆ. A_1B ತುದಿಗಳನ್ನು ಪಾದರಸ ಬಟ್ಟಲು (Mercury bottle) ಗಳಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟು ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಸುಮಾರು 10 ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು $\overrightarrow{ACB}$ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

B ಎಂಬ ಬಗ್ಗಿರುವ ಭಾಗವನ್ನು ಬುನ್‌ಸನ್ ಉರಿಯುವ ಮೂಲಕ ಕಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಅದು ಕಾದು ಕೆಂಪಗಾಗುವಾಗ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶ ($T_2°$)ವು

ಬಹಳ ಏರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ $T_2>T_1$ ಆಗಿ. $\overrightarrow{AC}$ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವ ಏರಿಕೆಯೂ $\overrightarrow{CB}$ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತವೂ ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ.

P,Q ಸುರಳಿಗಳನ್ನು ವ್ಹೀಟ್ಸನ್ ಸೇತುವೆಯ ಮಾಮೂಲು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಎರಡು ತೆರವು ಪ್ರದೇಶಗಳಿಗೂ (gaps) ಬಂಧಿಸಬೇಕು.

ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ, A,Bಗಳ ನಡುವೆ ಯಾವ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಉಷ್ಣಾಂಶವೂ ಇಲ್ಲದಿರುವಾಗ, ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದುವನ್ನೇ (Balance point) ಗುರುತು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು (ಇದು O ಆಗಿರಲಿ)

ಇದಾದನಂತರ, A,B ಗಳು ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿದ್ದು, C ಭಾಗದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಬಹಳ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಏರಿಸಿ, ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ $\overrightarrow{ACB}$ ಮೂಲಕ ಸುಮಾರು 10 ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ, ಥಾಂಸನ್ ಕ್ರಿಯೆಯು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ $\overrightarrow{AC}$ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವಿಸರ್ಜನೆ (σವು - ಆಗಿ ಕಬ್ಬಿಣಕ್ಕೆ ಇರುತ್ತದೆ) ಯಾಗಿ, P ಸುರಳಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರಬೇಕು. ಅದರಿಂದ ಅದರ ರೋಧವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಬೇಕು. ಇದೇ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ, CBಭಾಗದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣವಾಗಿ, Q ರೋಧದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿದು ಅದರ ರೋಧವು ಕಡಮೆಯಾಗಬೇಕು.

ಹೀಗೆ P,Q ಸುರಳಿಗಳ ರೋಧಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ವ್ಹೀಟ್ಸನ್ ಸೇತುವೆಯ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನವು (O′) ಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. OO′ಗಳ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಅಳೆದು ತೋರಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ, ಥಾಂಸನ್ ಪರಿಣಾಮದ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕಂಡ ಹಾಗಾಗುತ್ತದೆ.

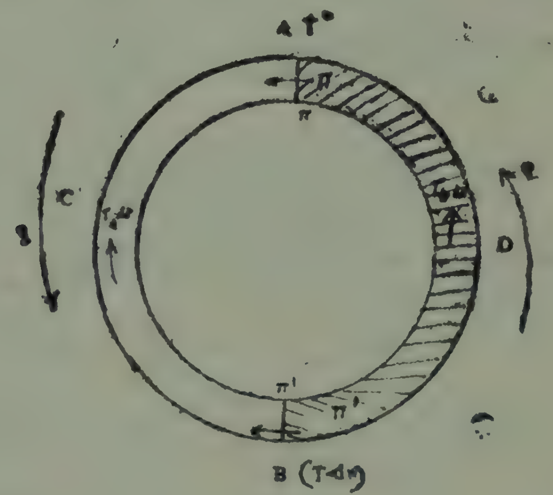
7.8 ಉಷ್ಣ–ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ತತ್ತ್ವ

ಈಗ ಎರಡು ಭಿನ್ನ ಲೋಹಗಳಿಂದ ಅಳವಡಿಸಿದ ಒಂದು ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮದ ಎರಡು ಸಂಧಿಗಳ ನಡುವೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸ (T_2-T_1) ಏರ್ಪಟ್ಟಾಗ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (e)ದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡಬಹುದು. ಈಗಾಗಲೇ ವಿವರಿಸಲಾಗಿರುವಂತೆ

(i) ಭಿನ್ನಲೋಹಗಳ ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ e.m.f (π)

(ii) ಒಂದೇ ಲೋಹದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಥಾಂಸನ್ e.m.f (σ) ಇವುಗಳೆರಡನ್ನೂ ಗಮನದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

(iii) ಎರಡು ಪರಿಣಾಮಗಳೂ ವಿಪರ್ಯಸ್ತ ವರ್ತನೆಯನ್ನು (reversible) ತೋರ್ಪಡಿಸುವುದರಿಂದ, ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮವನ್ನು ಒಂದು ಉಷ್ಣಯಂತ್ರದಂತೆ ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿ, ಅದರ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಉಷ್ಣಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಂತೆ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 7.9 ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮದ ಒಟ್ಟು ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ

ACDE ಯು ಒಂದು ಉಷ್ಣ-ಯುಗ್ಮವಾಗಿರಲಿ.

ಇದರ ಸಂಧಿಗಳು A,B ಗಳಾಗಿದ್ದು. A ನಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು T^0 (ನಿರಪೇಕ್ಷಕ), B ನಲ್ಲಿ (T – dT) ಆಗಿರಲಿ.

ACB ಭಾಗದ ಲೋಹದ ಥಾಂಸನ್ ಗುಣಾಂಕವು σ_a

ADB ಭಾಗದ ಲೋಹದ ಥಾಂಸನ್ ಗುಣಾಂಕವು σ_b ಆಗಿಯೂ ಇರಲಿ.

σ_a ಮತ್ತು σ_b ಗಳು ಧನ (+) ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ.

A ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಗುಣಾಂಕವು T^0 ನಲ್ಲಿ π ಆದರೆ,

B ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ ಅದು $(T-dT)^0$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ $\pi^1 = (\pi - \frac{d\pi}{dT}.dT)$.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಹೊರಗಣ ಸೂಚಿಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಈ ಮಂಡಲದ ಮೂಲಕ, ACBD ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ q ಕೂಲಾಂಬ್‌ಗಳ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯಲಿ.

ಇದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ನಾಲ್ಕು ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ವೀಕ್ಷಿಸಬೇಕು.

1. ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶ $(T)^0$ ದ ಸಂಧಿ (A) ಯಲ್ಲಿ

ಉಷ್ಣಾಂಶ = T^0.........................ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ= πq(ಜೂಲ್‌ಗಳು)

2. ABC ಲೋಹದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು T^0 ನಿಂದ $(T-dT)^0$ ಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ

σ_a (+) ಆಗಿರುವುದರಿಂದ
ವಿಸರ್ಜನೆ $=q\sigma_a\ dT$ } ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ $=-q\sigma_a .dT$(ಜೂಲ್)

3. B ಸಂಧಿ $(T - dT)^0$ ಉಷ್ಣಾಂಶ
ಉಷ್ಣದ ವಿಸರ್ಜನೆಯಾಗುತ್ತದೆ } ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ $= -q\pi^1$

$$= -q\left[\pi - \frac{d\pi}{dT}dT\right] \text{ಜೂಲ್},$$

4. BDA ಲೋಹದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆ $(T - dT)$ ಇಂದ T ಗೆ

ಉಷ್ಣವು ಗ್ರಹಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ $= q.\sigma_b . dT$ (ಜೂಲ್‌ಗಳು ಇವುಗಳ ಮೊತ್ತಗಳನ್ನು ಈಗ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ಒಟ್ಟು ಗ್ರಹಣಉಷ್ಣವು H ಆದರೆ, de= ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ e.m.f ಆದರೆ,

H= de. q (ಜೂಲ್) ಆಗಬೇಕು.

$\therefore$ q. de

$$= \pi q - \left(\pi - \frac{d\pi}{dT}dT\right) q - (\sigma_a - \sigma_b)\, dT.\, q. \text{ (ಜೂಲ್)}$$

$$\therefore\ de = \frac{d\pi}{dT}.dT - (\sigma_a - \sigma_b)\, dT. \qquad 7.14$$

ಇದೇ ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ಸೂತ್ರ. ಇದರಲ್ಲಿ, π, σ, dT ಗಳ ಪ್ರಮಾಣವು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಗಳ ನಡುವಣ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಅಲ್ಪಪ್ರಮಾಣ (dT) ವಾಗಿರುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಿದ್ದೇವೆ.

ಮೊದಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವ ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಸೂತ್ರವನ್ನು (7.2) ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ, ಸಂಧಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು T_1° ಮತ್ತು T_2^0 ಗಳಾಗಿದ್ದರೆ, ಇವುಗಳಿಗೆ

ಅನುಗುಣವಾದ ಮೊತ್ತ ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ e.m.f (e) ಆದರೆ, ಇದನ್ನು ಕಲನ (Integration) ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$$e = \int_{T_1}^{T_2} de = \int_1^2 \frac{d\pi}{dT}\, dT - \int_1^2 (\sigma_a - \sigma_b)\, dT$$

$$\text{ಅಥವಾ } e = (\pi_2 - \pi_1) - \int_{T_1}^{T_2} (\sigma_a - \sigma_b)\, dT. \qquad 7.15$$

7.14 ಸಮೀಕರಣವನ್ನೇ ಮತ್ತೊಂದು ರೂಪದಲ್ಲಿಯೂ ಇಡಬಹುದು,

$$\frac{de}{dT} = \frac{d\pi}{dT} - (\sigma_a - \sigma_b)$$

ಇಲ್ಲಿ $\frac{de}{dT} = p =$ ಉಷ್ಣ–ವಿದ್ಯುತ್ ಪವರ್ Thermo-electric Power

7.9 ಉಷ್ಣ–ವಿದ್ಯುತ್ ಪವರ್ ಮತ್ತು ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ e.m.f ಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧ ಸೂತ್ರ

ಈಗ ಚಿತ್ರ (7.9) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮವನ್ನೇ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ಒಂದು ಉಷ್ಣಯಂತ್ರದಂತೆ ಭಾವಿಸಿ, ಉಷ್ಣ-ಬಲ-ಕ್ರಿಯಾ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸೋಣ. ಮೇಲೆ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ನಾಲ್ಕು ಹಂತಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಉಂಟಾಗುವ ಜಡೋಷ್ಣ ಪ್ರಮಾಣ Entropy ದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಇವುಗಳ ಮೊತ್ತವು ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಆವರ್ತ Complete reversible cycle) ದಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯವಾಗ ಬೇಕು. ಇದು ಎರಡನೆಯ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

T° (ನಿರಪೇಕ್ಷಕ) ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ dQ ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣವಾದರೆ, ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಉಂಟಾಗುವ ಎನ್‌ಟ್ರಪಿಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು $dS = \frac{dQ}{T}$

1. A ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ : ಉಷ್ಣಾಂಶ – T, ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ $= dQ = \pi q$ } ಎನ್‌ಟ್ರಪಿ ಬದಲಾವಣೆ $dS_1 = \frac{\pi q}{T}$

2. ACB ಲೋಹದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು T ಎಂದೇ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು
ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ $= -q\sigma_a\, dT$ — ಎನ್ಟ್ರೊಪಿಯ ಬದಲಾವಣೆ $dS_2 = -\dfrac{\sigma_a\, dT.\, q}{T}$

3. B ಸಂಧಿ ಉಷ್ಣಾಂಶ $= T - dT$
ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ $= -q\left(\pi = \dfrac{d\pi}{dT} dT\right)$ — ಎನ್ಟ್ರೊಪಿಯ ಬದಲಾವಣೆ $= dS_3 = \dfrac{-q.\left(\pi - \dfrac{d\pi}{dT} dT\right)}{(T-dT)}$

4. BDA ಲೋಹದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶ $=$ T ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು
ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣ $= +q\sigma_b\, dT$ — ಎನ್ಟ್ರೊಪಿಯ ಬದಲಾವಣೆ $= \dfrac{+\sigma_b\, dT.\, q}{T}$

ಇವುಗಳ ಮೊತ್ತ ಎಂಟ್ರೊಪಿ ಬದಲಾವಣೆ $= 0$ ಆಗಬೇಕು

$$dS_1 + dS_2 + dS_3 + dS_4 = 0$$

$$\therefore \quad \frac{\pi}{T} - \frac{\pi - \dfrac{d\pi}{dT} dT}{(T-dT)} - \frac{(\sigma_a - \sigma_b)\, dT}{T} = 0$$

$$\frac{\pi\,(T-dT) - T\left(\pi - \dfrac{d\pi}{dT} dT\right)}{T\,(T-dT)} - \frac{(\sigma_a - \sigma_b)\, dT}{T} = 0$$

$$\therefore \quad \frac{T\dfrac{d\pi}{dT} dT - \pi\, dT}{T^2} - \frac{(\sigma_a - \sigma_b)\, dT}{T} = 0$$

dT ಇಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ

$$\frac{T\dfrac{d\pi}{dT} - \pi}{T^2} - \frac{(\sigma_a - \sigma_b)}{T} = 0$$

ಈಗ $\dfrac{d}{dT}\left(\pi/T\right) = \dfrac{T\dfrac{d\pi}{dT} - \pi}{T^2}$ ಆದ್ದರಿಂದ

$$\frac{d}{dT}\left(\frac{\pi}{T}\right) - \frac{(\sigma_a - \sigma_b)}{T} = 0$$

ಅಥವಾ $T \frac{d}{dT}\left(\frac{\pi}{T}\right) = (\sigma_a - \sigma_b)$

ಈಗ 7.16 ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ

$$\frac{de}{dT} = \frac{d\pi}{dT} - (\sigma_a - \sigma_b)$$

$(\sigma_a - \sigma_b) = T \frac{d}{dT}\left(\frac{\pi}{T}\right)$ (7.17 ಸಮೀಕರಣ.

$$\frac{de}{dT} = \frac{d\pi}{dT} - T \frac{d}{dT}\left(\frac{\pi}{T}\right)$$

$$\frac{d}{dT}\left(\frac{\pi}{T}\right) = \frac{T \frac{d\pi}{dT} - \pi}{T^2}$$

$$T \frac{d}{dT}\left(\frac{\pi}{T}\right) = \frac{d\pi}{dT} - \frac{\pi}{T}$$

$$\frac{de}{dT} = \frac{d\pi}{dT} - \left(\frac{d\pi}{dT} - \frac{\pi}{T}\right)$$

$$\frac{de}{dT} = \frac{\pi}{T} \qquad 7.18$$

$$\therefore \pi = T \frac{de}{dT} = T.P \qquad 7.19$$

$P = \frac{de}{dT} =$ ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪವರ್.

ಇದು ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ಸೂತ್ರ. ಇದನ್ನು ವಿವರಿಸಿದರೆ ನಿರೂಪಣೆ ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ ಒಂದು ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮದ ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುತ್ ಪವರ್ (P) ಎಂದರೆ, ಅದರ ಸಂಧಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು 1 ಡಿಗ್ರಿ ಆಗಿದ್ದಾಗ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ

ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ.

ಒಂದು ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಗುಣಾಂಕವು ಆ ಸಂಧಿಯ ನಿರಪೇಕ್ಷಕ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮತ್ತು ಆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪವರ್‌ಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ ($\pi = T\,P$).
7.17 ಮತ್ತು 7.19 ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ,

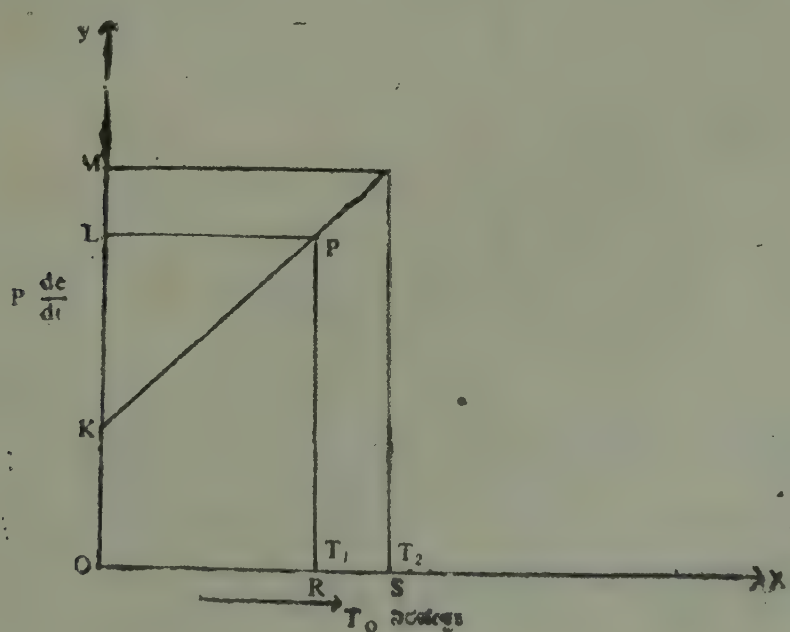
$$(\sigma_a - \sigma_b) = T\frac{d}{dT}\left(\frac{\pi}{T}\right)$$

$$= T\frac{d}{dT}\left(\frac{de}{dT}\right)$$

$$\sigma^a - \sigma_b) = T\frac{d^2e}{dT^2} \qquad 7.20$$

7.10 ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ರೇಖೆಗಳು (Thermo electric lines)

7.19 ಸಮೀಕರಣದ ಅರ್ಥವನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸಿ ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರಗಳ ಮುಖಾಂತರ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು ಉಷ್ಣ ವಿದ್ಯುತ್ ರೇಖೆ ಗಳನ್ನು ಎಳೆಯಬಹುದು. OX ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ T° ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನೂ OY ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ $P = \left(\frac{de}{dT}\right)$ಯನ್ನೂ ಗುರುತಿಸಿ, ರೇಖೆಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಿದರೆ ಇವುಗಳನ್ನೇ ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ರೇಖೆಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಿಂದ ತಿಳಿಯ ಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 7.10 ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ರೇಖೆಗಳು

QX ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ T° ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನೂ OY ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ $P = \frac{de}{dT}$ ಯನ್ನೂ ಗುರುತಿಸಿದ್ದು ಇವುಗಳನ್ನು ಸಂಧಿಸುವ ರೇಖೆಯು KPQ ಎಂಬ ಒಂದು ಸರಳ ರೇಖೆಯಾಗಿರಲಿ.

$OR = T_1°$ ಗೆ ಸರಿಯಾಗಿ. $OL = PR = \frac{de}{dT}$ ಆಗಿರಲಿ.

$OS = T_2°$ ಗೆ ಸರಿಯಾಗಿ. $OM = QS = \frac{de}{dT}$ ಆಗಿರಲಿ.

ಈ ಎರಡು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ನಡುವೆ ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ e ಆದರೆ,

$$e = \int_{T_1}^{T_2} \frac{de}{dT} . dT = \left[RPQS \right] \qquad 7.21$$

ಆದರೆ, 7.19 ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ

$\pi = T \frac{de}{dT}$. ಆದ್ದರಿಂದ

$$\pi_1 = T_1 \left(\frac{de}{dT} \right)_1 = \left[OLPR \right] \qquad 7.22$$

$$\pi_2 = T_2 \left(\frac{de}{dT} \right)_2 = \left[OMQS \right] \qquad 7.23$$

$$\therefore \ (\pi_2 - \pi_1) \left[OMQS \right] - \left[OLPR \right] = \left(MQSRPL \right) \qquad 7.24$$

7.15 ಸಮೀಕರಣದಿಂದ

$$e = (\pi_2 - \pi_1) = \int_1^2 (\sigma_a - \sigma_b)\, dT$$

7.21 ಮತ್ತು 7.24 ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿಕೊಂಡರೆ,

[RPQS] = [MQSRPL] – [PQML] ಚಿತ್ರದಿಂದ

$e = (\pi_2 - \pi_1) = [PQML]$

ಆದರೆ

$$e = (\pi_2 - \pi_1) - \int_1^2 (\sigma_a - \sigma_b)dT$$

$$\therefore \quad \int_1^2 (\sigma_a - \sigma_b)\, dT = \left[PQML \right] \qquad 7.25$$

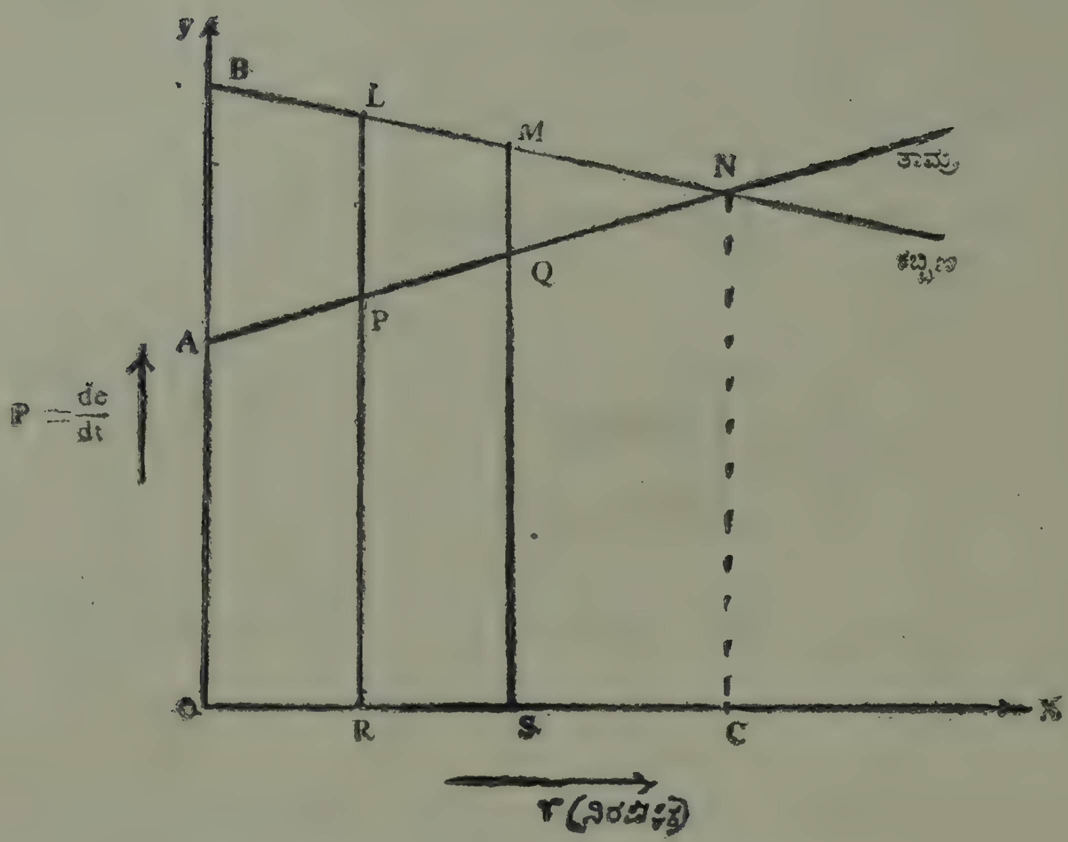
ಆದ್ದರಿಂದ $(\sigma_a - \sigma_b) = +$ ಆದರೆ, KPQ ರೇಖೆಯು ಮೇಲುಗಡೆ ಪ್ರವಣತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು.

7.21, 7.22, 7.23, 7.24 ಮತ್ತು 7.25 ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ, ನಾವು ಸೂತ್ರ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದ ಅಂಶಗಳಿಗೆಲ್ಲ ರೇಖಾತ್ಮಕವಾದ ವಿವರಣೆಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ (7.10)ದಿಂದ ಪಡೆದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

7.25 ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಥಾಂಸನ್ ಪರಿಣಾಮದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ (e.m.f.)ಗೆ ರೇಖಾತ್ಮಕವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಪಡೆದಂತಾಗಿದೆ.

ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ σ_a, σ^bಗಳು + ಆಗಿದ್ದು $(\sigma_a - \sigma_b)$ ಕೂಡ ಆಗಿರುವ + ಆಗಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ σ ಗುಣಾಂಕಗಳು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣ (ಸುಮಾರು 10^{-7})ಗಳಾಗಿದ್ದು, ಕೆಲವು ಲೋಹಗಳಿಗೆ + ಮತ್ತೆ ಕೆಲವುಗಳಿಗೆ — ಆಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. σ_{cu} ಧನವಾಗಿಯೂ σ_{Fe} ಯು ಋಣವಾಗಿಯೂ ಇರುವುದನ್ನು ಹಿಂದೆಯೇ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದೆ.

ಸೀಸಕ್ಕೆ σ ಗುಣಾಂಕವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿದ್ದು ಇದನ್ನೇ ಆದರ್ಶವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು (ಅಂದರೆ $\sigma pb = 0$ ಎಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು) ಉಳಿದ ಲೋಹಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸುವುದು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮದಲ್ಲಿ ಒಂದನ್ನು ಸೀಸವನ್ನಾಗಿಯೂ, ಮತ್ತೊಂದು ಇನ್ನೊಂದು ಲೋಹವನ್ನಾಗಿಯೂ ಇರುವಂತೆ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಅಂದರೆ (Cu – Pb) ಮತ್ತು (Pb – Fe) ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮಗಳನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ ಒಂದೇ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮಗಳಿಗೂ (Pb ಎಲ್ಲವರಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವುದರಿಂದ) ಒಂದೇ ರೇಖಾ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 7.11 ಉಷ್ಣ–ವಿದ್ಯುತ್ ರೇಖೆಗಳ ಚಿತ್ರಗಳು

7.11 ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ T-P ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರಿಸಲಾಗಿದೆ.

σ_{cu} ತಾಮ್ರಕ್ಕೆ + ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, (Cu-Pb) ರೇಖೆಯು APQNಆಗಿರುತ್ತದೆ.

σ_{Fe} (ಕಬ್ಬಿಣಕ್ಕೆ) - ಆಗಿರುವುದರಿಂದ (Pb – Fe) ರೇಖೆಯು BLMN ಆಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ

$OR = T_1,\ OS = T_2$ ಆದರೆ,

(Pb—Fe) ಯುಗ್ಮಕ್ಕೆ $_1e_2 = [RLMS]$

(Pb—Cu) ಯುಗ್ಮಕ್ಕೆ $_1e_2 = [RPQS]$

ಆದ್ದರಿಂದ, (Cu-Fe) ಯುಗ್ಮಕ್ಕೆ, ಇದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ನಡುವೆ

$e = [LMQP]$ ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಲೋಹಗಳ ಸೂತ್ರದ (7.1) ಪ್ರಕಾರ

ಹಾಗೆಯೇ $PL = $ (Cu – Fe) ಯುಗ್ಮಕ್ಕೆ T_1 ನಲ್ಲಿ $P_1.\left(\frac{de}{dT}\right)$

$QM = $ (Cu – Fe) ಯುಗ್ಮಕ್ಕೆ $T_2°$ನಲ್ಲಿ $P_2,\ \left(\frac{de}{dT}\right)$

ಎರಡು ರೇಖೆಗಳೂ N ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುತ್ತವೆ. ಇದು (Cu – Fe) ಯುಗ್ಮಕ್ಕೆ ತಟಸ್ಥ ಉಷ್ಣಾಂಶ (Neutral Temperature) OCಗೆ ಸರಿಹೊಂದಬೇಕು.

ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ $\frac{de}{dT}$ = (Cu – Fe ಯುಗ್ಮಕ್ಕೆ)

N ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಲೋಹಗಳಿಗೂ T ಮತ್ತು $\frac{de}{dT}$ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು. [ON ಮತ್ತು NC]

ಮತ್ತು $\pi = \frac{de}{dT}$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ

(Cu – Pb) ಮತ್ತು (Fe – Pb)ಗಳಿಗೂ ಆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ π ಮೌಲ್ಯವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ $\frac{de}{dT} = 0$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ $\pi = 0$ ಆಗ ಬೇಕು. ಹೀಗಾಗಿ, ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ e.m.f. = 0 ಆಗಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಒಟ್ಟು ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಮೌಲ್ಯವೆಲ್ಲವೂ ಥಾಂಸನ್ ಪರಿಣಾಮದಿಂದಲೇ ಉಂಟಾಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ, ಸೀಸ (Pb) ವನ್ನು ಒಂದು ಲೋಹವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಮತ್ತೊಂದು ಲೋಹದೊಡನೆ ಅದು ಕೂಡಿಕೊಂಡು ಒಂದು ಉಷ್ಣ ಯುಗ್ಮದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವಾಗ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಧಪಟ್ಟ ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ (e) ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದೆ.

Sb – Pb	31×10^{-6}	ವೋಲ್ಟ್ / ಡಿಗ್ರಿ.
Fe – Pb	14×10^{-6}	,, / ,,
Rh – Pb	2×10^{-6}	,, / ,,
Pb – Pt	-4×10^{-6}	,, / ,,
Pb – Vi	-18×10^{-6}	,, / ,,
Pb – Bi	-69×10^{-6}	,, / ,,

ಇದರ ಪ್ರಕಾರ Sb – Bi ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮಕ್ಕೆ $0^\circ - 100^\circ$ C ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ $e = 31 - (-69) = 100 \times 10^{-6}$ ವೋಲ್ಟ್ / ಡಿಗ್ರಿ ಆಗಬೇಕು.

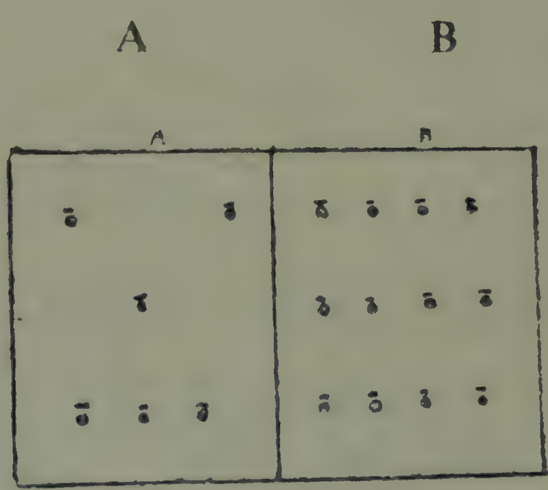
7.11 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ವಿವರಣೆ

ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುತ್ (e.m.f.)

ಲೋಹಗಳ ಒಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನೆಗೂ, ಅನಿಲದಲ್ಲಿ

ಅಣುಗಳು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುವ ಚಲನೆಗೂ ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಒಂದೇ ಲೋಹದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಮಾಣ (electron-gas pressure)ಕ್ಕೂ ಮತ್ತೊಂದು ಲೋಹದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಒತ್ತಡ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಂಥ ಎರಡು ಭಿನ್ನಲೋಹಗಳನ್ನು ಕೂಡಿಸುವಾಗ, ಹೆಚ್ಚು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಒತ್ತಡವಿರುವ ಲೋಹದಿಂದ ಕಡಮೆ ಒತ್ತಡವಿರುವ ಲೋಹಕ್ಕೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಚಲಿಸುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಈ ಲೋಹಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವು (electrostatic field) ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ಮೌಲ್ಯವು ಲೋಹಗಳ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವವನ್ನೂ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಸಂಧಿಗಳೂ ಒಂದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಇದ್ದರೆ. ಒಂದು ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (P.D.)ವೂ ಇನ್ನೊಂದು ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವೂ ಸಮವಾಗಿಯೂ ವಿರೋಧ ನೇರಗಳಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ, ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಸಂಧಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದ್ದಾಗ, ಮೇರೆಗಳ ನಡುವೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವ್ಯಾಪನೆಯ (rates of diffusion) ದರದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಏರ್ಪಟ್ಟು. ಸಂಧಿಗಳಲ್ಲಿ P.D. ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಲೇ ಒಂದು ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮ : ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವಂತೆ, A, B,ಗಳು ಭಿನ್ನ ಲೋಹಗಳಾಗಿದ್ದರೆ,



ಚಿತ್ರ 7.12 ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮ (ವಿವರಣೆ)

ಒಂದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶವಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳಂತೆ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯು (1 c.c.

ಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ) ಎರಡರಲ್ಲಿಯೂ ಭಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ A ಲೋಹದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯು B ಲೋಹದಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಂದ್ರತೆಗಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು ಕೂಡಿಸಿದರೆ, ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿ ವಿರುದ್ಧ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಟ್ಟವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ B ಗಿಂತ A ಲೋಹವು ಹೆಚ್ಚು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. (electro-positive) ಆದರೆ, ಇಂಥ ಲೋಹಗಳನ್ನು ಎರಡು ಸಂಧಿಗಳಲ್ಲಿ ಕೂಡಿಸಿ, ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಮಂಡಲವನ್ನು ರಚಿಸಿದರೆ, ಸಂಧಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಒಂದೇ ಆದಾಗ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವ P. D.ಗಳು ಸರಿಸಮನಾಗುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಒಂದು ಸಂಧಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇನ್ನೊಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದರೆ, ಈ ಸಂಧಿಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಜೋಡಣೆ ಕ್ರಮವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಈಗ, ಹೊರಗಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಕ್ಕೆ ಎರಡು ಸಂಧಿಗಳನ್ನೂ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿದರೆ, ತನಗೆ ಸಹಾಯಕವಾಗಿರುವ e.m.f. ನಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗ್ರಹಣಮಾಡಿ, ವಿರೋಧವಾಗಿರುವ e. m. f. ಗೆ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನು ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿರುವಾಗ, ಒಂದು ಸಂಧಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, ಒಂದೊಂದು ಸಂಧಿಯೂ ಒಂದು e. m. f.ನ ಕೇಂದ್ರದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ಒಂದು ಫಲಿತ e.m.f. (resultant) ಪ್ರಮಾಣವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

ಥಾಂಸನ್ ಪರಿಣಾಮ



ಚಿತ್ರ 7.13 ಥಾಂಸನ್ ಪರಿಣಾಮ

ಒಂದೇ ಲೋಹದ ಎರಡು ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದ್ದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಈ ಪ್ರದೇಶಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (emf) ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುವುದರ ಕಾರಣದಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲದ ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧ ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ, ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮದಲ್ಲಿ ಆಗುವಂತೆಯೂ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದಲ್ಲಿಯೂ, ವಿವಿಧ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಉಷ್ಣಗಳ ಗ್ರಹಣ ಅಥವಾ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ತಾಮ್ರದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದಿಂದ ಕಡಮೆ

ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ವ್ಯಾಪಿಸುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಕಡೆಗೆ ಥಾಂಸನ್ emf ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ (7.13) ದಲ್ಲಿ→ ಸೂಚಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಎರಡು ಭಿನ್ನ ಲೋಹಗಳಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ, ಒಂದೇ ಲೋಹದ ವಿವಿಧ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಎರಡು ಪ್ರದೇಶಗಳ ನಡುವೆಯಾಗಲಿ, ಭಿನ್ನ ಪ್ರಮಾಣದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳಿಂದಲೇ, ಈ ಪರಿಣಾಮಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮದಲ್ಲಿಯೂ, ಜೂಲ್ ಪರಿಣಾಮದಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆಯೇ ಉಷ್ಣದ ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೂ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನೆಂದರೆ, ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮವು ವಿಪರ್ಯಸ್ತವಾದುದು. ಆದುದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ನೇರವು ವಿಪರ್ಯಸ್ತವಾದಾಗ, ಉಷ್ಣಗ್ರಹಣಕ್ಕೆ ಬದಲು ಉಷ್ಣ ವಿಸರ್ಜನೆಯಾಗುವುದು. ಆದರೆ, ಜೂಲ್ ಪರಿಣಾಮದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣದ ಉತ್ಪಾದನೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಪ್ರಮಾಣದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ (square of the current) ಅನುಗುಣ ವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಪ್ರವಾಹದ ನೇರವು ವಿರುದ್ಧವಾಗುವುದರಿಂದ ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆಯೂ ಆಗುವಂತಿಲ್ಲ.

7.12 ಕೆಲವು ಔಪಯೋಗಿಕ ಸಾಧನಗಳು

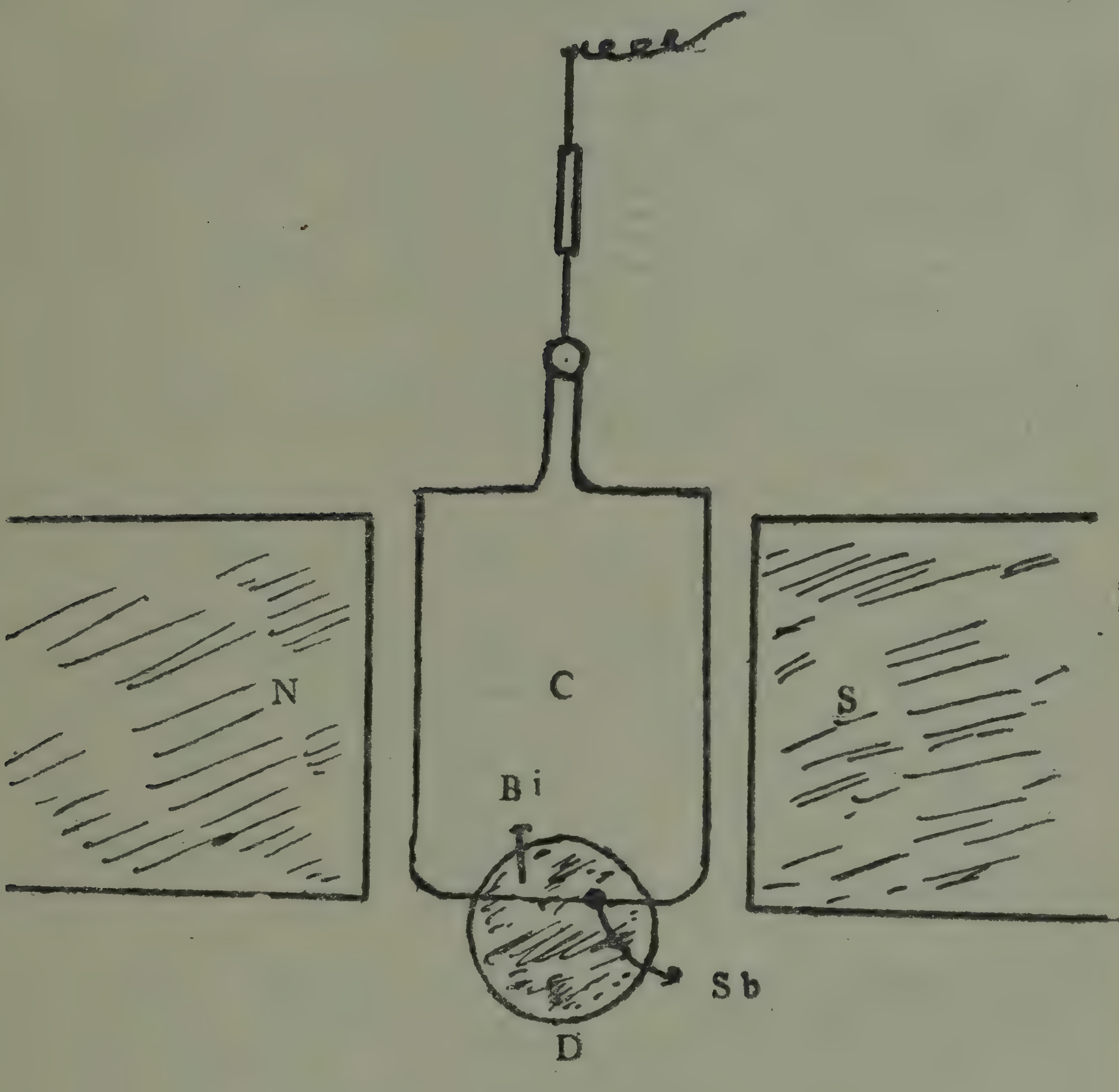
ಭಿನ್ನ ಲೋಹಗಳ ಸಂಧಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ, ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಕೆಲವು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಉಪಕರಣಗಳು ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಇವುಗಳಿಂದ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಮತ್ತು ಅತಿ ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಉಷ್ಣಾಂಶಮಾಪಕಗಳು ನಿರ್ಮಿತ ವಾಗಿವೆ. ಹಾಗೆಯೇ, ಸೂಕ್ಷ್ಮರಚನೆಯ ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಮಾಪಕವನ್ನೂ ರಚಿಸಲು (Thermo-galvanometer) ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

(1) ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮ ಸಂಚಯ (Thermo-pile)

ಇದರ ವಿಷಯವನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಚಿತ್ರ (7.4)ದ ಮೂಲಕ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕವನ್ನು ಇದರೊಡನೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಕೊಂಡರೆ, ಒಂದು ಸಂಧಿಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಉಷ್ಣವಿಕಿರಣದ ಫಲವಾಗಿ ಉಂಟಾ ಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದರಲ್ಲಿ Sb–Bi ಯುಗ್ಮಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು, ಅವುಗಳ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧವೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಮಾಪಕದ ರೋಧವೂ ಸಮವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು

ಬಳ್ಳಿಯದು. 0.001°C ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕೂಡ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

(2) ಬಾಯ್ಸ್-ರೇಡಿಯೋ ಮೈಕ್ರೊಮೀಟರ್ (Radio-micro-meter)



ಚಿತ್ರ 7.14 ಬಾಯ್ಸ್-ರೇಡಿಯೋ ಮೈಕ್ರೊಮೀಟರ್

ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮವನ್ನೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಮಾಪಕವನ್ನೂ ಸಂಯೋಜಿಸಿದೆ. C ಎಂಬ ಒಂದು ತಾಮ್ರದ ತಂತಿಯ ಕುಣಿಕೆ (loop)ಯ ತುದಿಗಳನ್ನು Sb– ಮತ್ತು Bi ಲೋಹಗಳ ಎರಡು ಸಣ್ಣ ಸರಳುಗಳಿಗೆ ಬೆಸೆಸಿದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಮತ್ತೆ D ಎಂಬ ತಾಮ್ರದ ಬಿಲ್ಲೆಗೆ ಬೆಸಿಗೆ ಮಾಡಿ ಅದನ್ನು ಕಪ್ಪುಮಸಿದ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿದೆ. ಹೊರಗಿನಿಂದ ಬರುವ ಉಷ್ಣವಿಕಿರಣವನ್ನು D ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, Sb–Bi ಸಂಧಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರಿ, e ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ.

ಇದರಿಂದ ಆ ಸುರಳಿಯು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇರುವುದರಿಂದ ಭ್ರಮಣ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು M ದರ್ಪಣದ ಮೂಲಕ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ಪಲ್ಲಟದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಮೋಂಬತ್ತಿಯು ಅತಿ ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದರೂ ಅದರಿಂದ ಬರುವ ಉಷ್ಣಕಿರಣಗಳು D ಜಿಲ್ಲೆಯ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದರೆ, ಉಂಟಾಗುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನೂ ಅಳೆಯಬಹುದು.

(3) ಡಡ್ಡಲ್ ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಾಪಕ (Duddel Thermo-galvanometer)

ಇದರ ರಚನೆಯೂ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಬಾಯ್ಸ್ ಉಪಕರಣದಂತೆಯೇ ಇದ್ದು ಇದರಿಂದ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು, ನೇರವಾಗಿ ಇದ್ದರೂ, ಪರ್ಯಾಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿದ್ದರೂ (D.C or A.C) ಅಳೆಯಬಹುದು.

(4) ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್-ಉಷ್ಣಾಂಶಮಾಪಕಗಳು (Thermo-electric pyrometer)

ಪ್ಲಾಟಿನಂ – ಪ್ಲಾಟಿನಂರ್ಹೋಡಿಯಂ (Pt–Pt.Rh) ಲೋಹಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮವನ್ನು ಒಂದು ಬೆಣಚುನಾಳಿಕೆಯ (quartz tube) ಆವರಣ ಮಾಡಿಸಿದರೆ ಇವುಗಳ ಮೂಲಕ 1400°C ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳವರೆವಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಮಿಲ್ಲಿವೋಲ್ಟ್–ಮೀಟರ್ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಮಾಪಕದೊಂದಿಗೆ ಸೇರಿಸಿ ಅಳವಡಿಸಿದರೆ, ಇವುಗಳ ಸೂಚಿಯನ್ನು ಕ್ರಮಾಂಕ ನಿರ್ಣಯಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುವುದರಿಂದ (calibration) ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಓದುವಂತೆಯೂ ಮಾಡಬಹುದು.

Cu ಕಾನ್‌ಸ್ಟನ್ ಯುಗ್ಮವನ್ನು –200° C ಇಂದ 400° C ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಹಾಗೆಯೇ ನಿಕ್ಕಲ್–ನೈಕ್ರೋಮ್ ಯುಗ್ಮದಿಂದ 1200°C ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆವಿಗೆ ಅಳೆಯಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಇದನ್ನು ಕೈಗಾರಿಕಾ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಕಡಮೆ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸೂಕ್ತವಾದ ಲೋಹಯುಗ್ಮಗಳ ಮೂಲಕ ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

7.13 ಕೆಲವು ನವೀನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು

1958 ರಲ್ಲಿ ಜೋಸೆಫ್ ಕೇಪ್ ಮತ್ತು ಜಾರ್ಜ್ ಹಾಟ್ಸೊ ಪೌಲಸ್ (Kape & Hatso Poulos) ಎಂಬ ಅಮೆರಿಕನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಉಷ್ಣದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಒಂದು ಹೊಸ ವಿಧಾನವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದರು. ಈ

ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ವಾತ (vacuum) ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಲೋಹದ ಫಲಕಗಳು ಇರುತ್ತವೆ, ಇವುಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಏರಿಸಿ ಒಂದರ ಮೌಲ್ಯವು ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಫಲಕದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದರ ಕಡೆಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಮೂಹವು ಹರಿದು ಇದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಫಲಕಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿಸಿರುವ ಎಳೆ ತಂತಿಗಳ ಮೂಲಕ ತಂದು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

2. ಘನಸ್ಥಿತಿ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಕೆಲವು ವಿಶೇಷ ತರಹದ ಅರ್ಧ ವಾಹಕಗಳನ್ನು (Semi-conductor) ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇಂಥ ಎರಡು ಭಿನ್ನ ಅರೆ ವಾಹಕಗಳೊಂದಿಗೆ ಒಂದು ಉಷ್ಣ ಯುಗ್ಮವನ್ನು ರಚಿಸಿ ಅವುಗಳ ಸಂಧಿಗಳ ಮೂಲಕ ಬಾಹ್ಯ ಕೋಶದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸುವುದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಒಂದು ಸಂಧಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು **–80° C** ವರೆಗೆ ಇಳಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ (Germanium) ವಸ್ತುವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಪರಿಣಾಮದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಒಂದು ಶೀತೋಪಕರಣ (Refrigerator) ವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ.

3. ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ "ಪ್ಲಾಸ್ಮ ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮ" (Plasmo-couple)ವೆಂಬ ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕ ಉಪಕರಣವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವು ನೇರವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ನಿರ್ವಾತ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ದ್ರವ ರೂಪದ ಸೀಸಿಯಂ (Liquid Caesium) ಇಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಬೇರೊಂದು ಲೋಹ ಅಥವಾ ಮಿಶ್ರ ಲೋಹವನ್ನು ಇಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಸೀಸೆಯಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವು ಹಬೆಯ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ಕಣಗಳ ಸಮೂಹದ ಪ್ಲಾಸ್ಮರೂಪಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಣಗಳ ಚಾಲಕ ಬಲವು ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ಲೋಹಕ್ಕಿಂತ ಸುಮಾರು 1000 ಪಾಲು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಲೋಹದ ಯುಗ್ಮಕಿಂತ ಪ್ಲಾಸ್ಮ ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮದಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದಾಗಿದೆ. ಸೀಸಿಯಂಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ರುಬಿಡಿಯಂ, ಸೋಡಿಯಂ ಗಳನ್ನು ಕೂಡ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಹಾರಿಸುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಮಾಡಲಾದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಅಂಶವು ಗೊತ್ತಾಯಿತು.

7.14 ಈಗ ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಕೆಲವು ಮೂಲ ತತ್ವಗಳನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸಲು ಒಂದು ಅಭ್ಯಾಸವು ಸಹಾಯವಾಗಬಹುದು.

ಪ್ರಶ್ನೆ: ತಾಮ್ರ ಮತ್ತು ಕಬ್ಬಿಣಗಳ ಒಂದು ಉಷ್ಣಯುಗ್ಮದ ಎರಡು ಸಂಧಿಗಳ ಉಷ್ಣಗಳು 0°C, 100°C ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು e ಆದರೆ,

${}_{A}e_{B} = {}_{A}a_{B} \cdot t + \frac{1}{2}{}_{A}b_{B} \cdot t^2$ (t°C) ಸೂತ್ರವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ. t°C ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ e ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಎಂದು ಇಟ್ಟು ಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ AB ಲೋಹಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ a,b ಗಳು ನಿಯತಾಂಕಗಳು ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಹಾಗಾದರೆ Cu Fe ಯುಗ್ಮಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಪೆಲ್ಟಿಯರ್ ಗುಣಾಂಕ, ಥಾಂಸನ್ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿರಿ.

ಈ ಕೆಳಗಿನ ನಿಯತಾಂಕಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

Cu – Pb $a = +\ 2.76\ \mu v/°c$; $b = 0.012\ \mu v/°c$

Fe – Pb $a = +16.65$,, $b = -0.03\ \mu v/°c$

ಉತ್ತರ:

ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಲೋಹಗಳ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ

$${}_{Cu}e_{Pb} = {}_{Cu}e_{Fe} + {}_{Fe}e_{Pb}$$

$$\therefore {}_{Cu}e_{Fe} = {}_{Cu}e_{Pb} - {}_{Fe}e_{Pb}$$

ಇವುಗಳ ಒಂದೊಂದರಲ್ಲಿಯೂ

$e = at + \frac{1}{2} bt^2$ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ, ಒಂದೊಂದು ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿಯೂ

a,b ಗಳು ಬೇರೆಯಾಗುತ್ತವೆ.

$${}_{Cu}e_{Fc} = {}_{Cu}a_{Pb} \cdot t + \frac{1}{2}\, {}_{Fe}b_{Pb} \cdot t^2$$

ಆದರೆ, ${}_{Cu}a_{Fe} = {}_{Cu}a_{pb} - {}_{Fe}a_{pb} = (2.76 - 16.65) = -13.89\ \mu v/°c$

ಹಾಗೆಯೇ ${}_{Cu}b_{Fe} = {}_{Cu}b_{Pb} - {}_{Fe}b_{Pb} = 0.012 - (-.003) = +0.42,,/°c$

$t = 100^0$C ಆದ್ದರಿಂದ

$${}_{Cu}e_{Fe} = \left[-13.89 \times 100\right] + \left[\tfrac{1}{2} \times .042 \times 100^2\right]$$

11.79 = ಮೈಕ್ರೊ ವೋಲ್ಟ್

i) ತಟಸ್ಥ ಉಷ್ಣಾಂಶ $-t_N$ ಆದರೆ $\frac{de}{dT} = (a + bt)$

$$\frac{de}{dT} = 0; \frac{d}{dT}(at + \tfrac{1}{2} bt^2) = 0$$

$$(a + bt) = 0$$

$$t_N = -\frac{a}{b} = \frac{13.89}{0.042} = 331^\circ C$$

t_i = ವಿಪರ್ಯಸ್ತ ಉಷ್ಣಾಂಶ $= 2t_N = 662^\circ C$ (ii)

ii) $\pi = T.\frac{de}{dT}$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ (T° ನಿರಪೇಕ್ಷಕ ಉಷ್ಣಾಂಶ)

$\pi_{273} = 273 \{ a + (b \times 0) \} = 273 \times -13.89 = -3792$ ಮೈಕ್ರೊ ವೋಲ್ಟ್

$\pi_{373} = 373 \{ a + 100b \} = 373 \{ -13.89 + .042 \times 100 \}$
$= -$ **3614** ಮೈಕ್ರೊ ವೋಲ್ಟ್

iii) $\frac{d^2e}{dT^2}$ b; $\left(\sigma_a - \sigma_b \right) = T.\frac{d^2e}{dT^2}$ (7.30 ಸಮೀಕರಣ)

ಆದರೆ, $\int_{T_1}^{T_2} \left(\sigma_{Cu} - \sigma_{Fe} \right) dT = \int_{T_1}^{T_2} -T\frac{d^2e}{dT^2}\, dT$

$$= -b\left[\frac{T^2}{2}\right]_{T_1}^{T_2} = \frac{b}{2}\left(T_1^2 - T_2^2\right)$$

$= 0.042 \left[273^2 - 373^2 \right] = -$ **1357** ಮೈಕ್ರೊ ವೋಲ್ಟ್

ಇದು ಥಾಂಸನ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ

ಈ ಮೂರು ಅಂಗಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ, ಸರಿಹೊಂದಲು,

$$e = \left(\pi_2 - \pi_1 \right) + \int_{T_1}^{T_2} (\sigma_a - \sigma_b)\ dT$$

$$\left(\pi_{373} - \pi_{273} \right) + \int_{273}^{300} (\sigma_a - \sigma_b)\ dT$$

$$= -3614 - (3792) + (-1357)$$

$$= -\mathbf{1179} \text{ ಮೈಕ್ರೊ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು}$$

ಇದೇ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು (1) ರಲ್ಲಿಯೂ ನೇರವಾಗಿಯೇ ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ.

ಈ ಒಂದು ಅಭ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಈ ಒಂದು ಅಧ್ಯಾಯದ ಮುಖ್ಯ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಉದಹರಿಸಿದಂತಾಯಿತು.

8. ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆ

8.1 ಫ್ಯಾರಡೆಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳು

ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಫ್ಯಾರಡೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್-ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟೆಡ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್-ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್-ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಕಳುಹಿಸಿದರೆ ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ಇದನ್ನೇ ಮುಂದುವರೆಸಿ, ಆಂಪಿಯರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತೋರಿಸಿದಂತೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕವು ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಕವಚದಂತೆ (magnetic shell) ವರ್ತಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲವನ್ನು ಗಣಿತದ ಮೂಲಕ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದು ವಿದ್ಯುತ್-ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯನ್ನೇ ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ವಿಧಾನವಾಯಿತು.

ಈ ತತ್ವವನ್ನೇ ದೀರ್ಘವಾಗಿ ಆಲೋಚಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಫ್ಯಾರಡೆಯ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೊಸ ಭಾವನೆಯು ಹೊಳೆಯಿತು. ವಿದ್ಯುತ್-ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಪ್ರಕೃತಿಯ ವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಾಯವಾಗುವ (converse) ಲಕ್ಷಣವು ಇದ್ದೇ ಇರಬೇಕು ಎಂಬ ದೃಢಸಂಕಲ್ಪವನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಂಡನು. ಇದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ನಿರಂತರ ಪ್ರಯತ್ನ ಪೂರ್ವಕವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಸಾಗಿದುವು. ಈ ಅಸಾಧಾರಣ ಪರಿಶ್ರಮದ ಫಲವಾಗಿ ಫ್ಯಾರಡೆಯು ದೃಢವಾಗಿ ನಂಬಿದ್ದ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರಕಿತು. 1831ರಲ್ಲಿ ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಪಡಿಸಿದಾಗ, ಫ್ಯಾರಡೆಗೆ ಅಪಾರವಾದ ಯಶಸ್ಸು ಲಭಿಸಿತು. ಇದೊಂದು ಮಹತ್ವಪೂರ್ಣವಾದ ತತ್ವವಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ತಾತ್ತ್ವಿಕ ಮತ್ತು ಔಪಯೋಗಿಕ ಪರಿಣಾಮಗಳೂ ಇಡೀ ಜಗತ್ತಿನಲ್ಲೇ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದವು. ಕೈಗಾರಿಕಾ

ಕ್ರಾಂತಿ ಮತ್ತು ಯಂತ್ರಯುಗವು ಆರಂಭವಾಗಿ ಇಂದಿನ ನಾಗರಿಕತೆಯನ್ನು ರೂಪಿಸಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಕೀರ್ತಿಯು ಫ್ಯಾರಡೆಯ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ಸಲ್ಲತಕ್ಕದ್ದು. ನ್ಯಾಯವಾಗಿಯೇ ಫ್ಯಾರಡೆಗೆ ಪ್ರಯೋಗಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಉಚ್ಚಸ್ಥಾನವು ದೊರಕಿತು-ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದ ನಿರೂಪಣೆಯು ಹೀಗಿದೆ.

"ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಕ್ಕೂ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೂ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಚಲನೆಯು ಏರ್ಪಟ್ಟಾಗ ಆ ವಾಹಕದ ಎರಡು ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಕ್ಷಣಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಪ್ಟನ್ನಾಂತರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಆ ತುದಿಗಳನ್ನು ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ಮಂಡಲ (closed circuit) ದಲ್ಲಿ ಇರಿಸಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಮೂಲಕ ಒಂದು ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ಪ್ರೇರಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತದೆ. ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಚಲನೆಯು ಇರುವ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಈ ಪ್ರೇರಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪವಾಹವು (induced current) ಕಾಣಿಸಿಕೊಂಡು ಆ ಚಲನೆ ನಿಂತಾಗ, ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪವಾಹವೂ ನಿಂತು ಹೋಗುತ್ತದೆ"

ಇವಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದರಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ತತ್ತ್ವವು ಮೂಲಭೂತವಾಗಿದ್ದು. ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಬಹುದು ಎಂಬುದು ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ.

ಇವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿ. ಡೈನಾಮೋ, ಮೋಟಾರ್, ಪರಿವರ್ತಕ ಮುಂತಾದ ಹಲವಾರು ಯಂತ್ರಸಲಕರಣೆಗಳು ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಿ, ಯಾಂತ್ರಿಕ ಮುನ್ನಡೆಗೆ ತಳಹದಿಯಾಗಿವೆ.

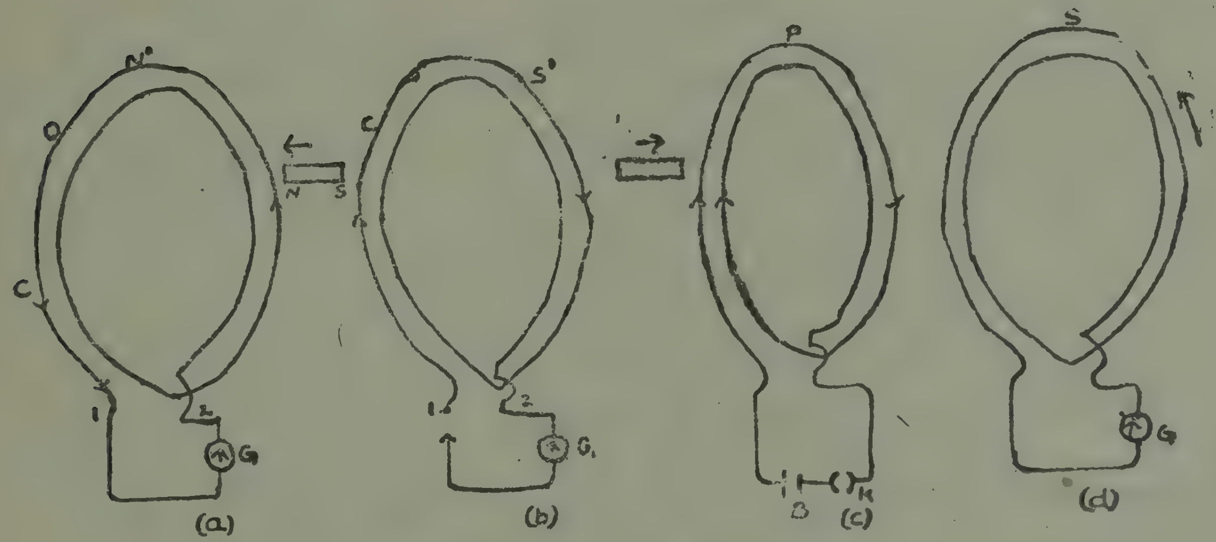
8.2 ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆಗೆ ಸಂಬಂಧ ಪಟ್ಟ ನಿಯಮಗಳು

ಈ ಪ್ರಧಾನ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ನಿರೂಪಣೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಅವುಗಳಿಗೆ ಆಧಾರಭೂತವಾದ ಕೆಲವು ಸರಳ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳನ್ನು ದಂಡಕಾಂತ ಸುರಳಿ (Magnet coil) ಮತ್ತು ಸುರಳಿ-ಸುರಳಿ coil-coil ಪ್ರಯೋಗಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

(i) ದಂಡಕಾಂತ-ಸುರಳಿ ಪ್ರಯೋಗ

ಚಿತ್ರ (8.1) ದಲ್ಲಿ (a) ಮತ್ತು (b) ಗಳನ್ನು ಮೊದಲು ವಿಮರ್ಶಿಸೋಣ c ಎಂಬುದು ಸುಮಾರು 10 ಸೆಂ.ಮೀ. ವ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ಕೆಲವು ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ತಂತಿ ಸುರಳಿ ಇದನ್ನು ನೆಟ್ಟಗೆ ಒಂದು ಆಧಾರ ಹಲಗೆಯ ಮೇಲೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಿ ಅದರ ಎರಡು ತುದಿ (1.2) ಗಳನ್ನು ಎರಡು ಸ್ಕ್ರೂತಿರುಪುಗಳಿಗೆ

ಬಂಧಿಸಿರಬಹುದು. ಈಗ ಈ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನು G ಎಂಬ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿರಬಹುದು. ಈಗ ಈ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವಾಗಲಿ, ಜನಕವಾಗಲಿ ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ G ಯ ಮೂಲಕ ಯಾವ ಪ್ರವಾಹವೂ ಏರ್ಪಡುವ ಸಂಭವವೇ ಇಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದರ ಸೂಚಿಯು ತಟಸ್ಥವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿರುವಾಗ SN ಎಂಬ ಒಂದು ದಂಡಕಾಂತವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ಕ್ಷಿಪ್ರವಾಗಿ, ಸುಳಿಯ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಬಂದರೆ, ಅದೇ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ Gಯ ಸೂಜಿಯು ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ (ಎಡಕ್ಕೆ) ಅಪಸಾರ



ಚಿತ್ರ 8.1 ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆ (ಪ್ರಯೋಗಗಳು)

(deflection) ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ದಂಡಕಾಂತವು ಚಲನೆಯಾಗಿರುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಈ ಅಪಸಾರವು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು. ಅದನ್ನು ತಟಸ್ಥವಾಗಿ ನಿಲ್ಲಿಸಿದರೆ, Gಯ ಸೂಚಿಯು ಸ್ವಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಬಂದು ನಿಲ್ಲುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ನಾವು ಊಹಿಸಬಹುದಾದ ತತ್ತ್ವವೇನೆಂದರೆ : ದಂಡಕಾಂತವನ್ನು ಸುರಳಿಯ ಕಡೆಗೆ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, **ಈ ಚಲನೆಯು ಇರುವವರೆಗೆ** ಮಾತ್ರ ಒಂದು ಕ್ಷಣಿಕ (transient) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು Gಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಆ ಸಮಯದಲ್ಲಿ 1, 2 ತುದಿಗಳು ಪ್ರೇರಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವನ್ನು (induced e.m.f) ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಇದರ ಫಲದಿಂದಲೇ G ಯ ಮೂಲಕ ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತದೆ (induced current). ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮುಂದುವರೆಸಿ, (b) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ NS ದಂಡವನ್ನು ಸುರಳಿಯಿಂದ ದೂರಕ್ಕೆ ಬೇಗನೆ ಸರಿಸಿದರೆ, ಈ ಚಲನೆಯ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿಯೂ G ಯ ಮೂಲಕ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿದು ಅದರ ಸೂಚಿಯು ಹಿಂದಿನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ (ಅಂದರೆ ಬಲಗಡೆ) ತಿರುಗುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಇದೇ ರೀತಿಯ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ದಂಡಕಾಂತದ S ಧ್ರುವ

ವನ್ನು C ಯ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುವಾಗಲೂ, C ಇಂದ ದೂರಕ್ಕೆ ಸರಿಸುವಾಗಲೂ ಕಾಣಬಹುದು.

N ಧ್ರುವವು C ಯನ್ನು ಸಮೀಪಿಸಿದಾಗ, G ಯಲ್ಲಿ ಅಪಸಾರವು		ಎಡಗಡೆ
S —,,— ,, — ,, — ,,	,,	ಬಲಗಡೆ
N ಧ್ರುವವು C ಯಿಂದ ದೂರಕ್ಕೆ ಸರಿಯುವಾಗ	,,	ಬಲಗಡೆ
S —,,— — — —	,,	ಎಡಗಡೆ

ಇದರಿಂದ ನಾವು ತಿಳಿಯಬಹುದಾದ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ. ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಕ್ಷಣಿಕ ವಾಗಿ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಕಾರಣವು ದಂಡಕಾಂತದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಭೇದಿಸಲ್ಪಡುವ ರೇಖೆಗಳ ಹರಿವಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇ ಆಗಿರಬೇಕು (rate of change of flux). C ಮತ್ತು ದಂಡ ಕಾಂತಗಳ ನಡುವೆ ಪರಸ್ಪರ ಚಲನೆಯು (relative motion) ಇಲ್ಲದಿರುವಾಗ ಕಾಂತ ರೇಖೆಗಳ ಹರಿವಿನಲ್ಲಿಯೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರೇರಣೆಯಾಗುವ ಸಂಭವವು ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರೇರಣೆಗೂ. ಕಾಂತಶಕ್ತಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ತತ್ವವೂ ಇದಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ಮೂಲಕಾರಣವು ಗೊತ್ತಾದ ಮೇಲೆ, ಚಿತ್ರ (C) ಮತ್ತು (D) ಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಯೋಗವು ಸುಲಭವಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ.

(2) P ಎಂಬ ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯನ್ನು B ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಬೆಣೆ(K)ಯ ಮೂಲಕ ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಅತಿ ಸಮೀಪ ದಲ್ಲಿ S ಎಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ಅದೇ ಮಾದರಿಯ ಸುರಳಿಯನ್ನು G ಎಂಬ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ವ್ಯಾಪಕದ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತದೆ. P ಯನ್ನು ಪ್ರಥಮ ಸುರಳಿಯೆಂದೂ (primary evil) S ಅನ್ನು ದ್ವಿತೀಯ ಸುರಳಿ (secondary evil) ಯೆಂದೂ ಕರೆಯಬಹುದು. P ಯ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವಿದ್ದು, S ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಕೋಶವೂ ಇಲ್ಲದೆ ಬರೀ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವ್ಯಾಪಕ ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು.

ಈ P ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ K (ಬೆಣೆಯು) ಮೊದಲು ತೆರೆದಿದ್ದು, ಅನಂತರ ಮುಚ್ಚಿದರೆ, ಆ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ S ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಇರುವ G ಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರೇರಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಟ್ಟು, ಅದರ ಸೂಚಿಯು ಒಂದು ಕಡೆ (ಎಡ) ವಾಲುತ್ತದೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಥಟಕ್ಕನೆ ವಿದ್ಯುತ್

ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡುವ (made) ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ G ಯಲ್ಲಿ ಚಟುವಟಿಕೆ ಇರುತ್ತದೆ. K ಮುಚ್ಚಿಯೇ ಇದ್ದು P ಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತಿರುವಾಗ, G ಯಲ್ಲಿ ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವೂ ಇಲ್ಲ.

ಮತ್ತೆ P ಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಥಟಕ್ಕನೆ K ಯನ್ನು ತೆರೆಯುವುದರ ಮೂಲಕ ನಿಲ್ಲಿಸಿದರೆ ಆ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ G ಯಲ್ಲಿ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ (ಅಂದರೆ ಬಲಗಡೆ) ಅಪಸಾರವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗವೂ ಕೂಡ, ದಂಡಕಾಂತ ಪ್ರಯೋಗದಂತೆಯೇ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. P ಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯದಿಂದ ಥಟಕ್ಕನೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಏರಿದರೆ. ಈ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು P ಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗಿ ಅದರ ಸುತ್ತ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ, ಆ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ S ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು (flux) ಶೂನ್ಯದಿಂದ N ಗೆ ಏರುತ್ತದೆ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಕಾರಣದಿಂದ G ಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ಷಣಿಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತದೆ. P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಬದಲಾವಣೆ ಇಲ್ಲದಿರುವಾಗ S ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು N ಆಗಿಯೇ ಇದ್ದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಮತ್ತೆ P ಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಕಡಿದುಹಾಕುವಾಗ S ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ಹರಿ N ಂದ O ಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ, ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ Gಯಲ್ಲಿ (ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಎರಡು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಲೂ ಒಂದೇ ತತ್ತ್ವವು ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ.

(3) ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವೀಕ್ಷಣವನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ, ಇನ್ನೊಂದು ಮುಖ್ಯ ತತ್ವವು ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ.

ಈಗ (a) ಮತ್ತು (b) ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. NS ದಂಡಕಾಂತದ N ಧ್ರುವವು ಸುರಳಿ C ಯನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತಿರುವ ವೇಳೆಯಲ್ಲಿ N ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಎದುರಾಗಿರುವ C ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಕ್ಷಣಿಕವಾಗಿ ಏರ್ಪಡುವ ಪ್ರೇರಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣ (anti-clock wise)ವಾಗಿ ಇರುವುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ಪ್ರೇರಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ C ಸುರಳಿಯು ಒಂದು ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ಕಾಂತದಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ ಅದರ ಮುಂದಿನ ಮುಖವು

(ಅಂದರೆ N ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಎದುರಾಗಿರುವ)N' ಧ್ರುವದಂತೆಯೂ, ಹಿಂದಿನ ಮುಖವು S' ಧ್ರುವದಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸುವಂತೆ ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, N',S' ಎಂಬುವು C ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳು ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಹೀಗಾದರೆ, NS ಧ್ರುವದ N ಧ್ರುವವೂ, ಅದರ ಚಲನ ದಿಂದ C ಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ ಕಾಂತಶಕ್ತಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ N' ಧ್ರುವವೂ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿದ್ದು ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಅಪಕರ್ಷಣ (Repulsion) ಉಂಟಾಗಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ N ಧ್ರುವವು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯು ಉಂಟಾಗಬೇಕು. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, N ಧ್ರುವವು C ಸುರಳಿಯನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅದರಿಂದ ಪ್ರೇರಿತ ವಾಗುವ ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ N ಧ್ರುವವು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯುವಂತೆ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿದರೆ, ಈ ಪ್ರೇರಣೆಯಲ್ಲಿ ಚೋದಿತವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ಮಾರ್ಗದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಸುರಳಿ ಮತ್ತು ದಂಡಕಾಂತಗಳ ನಡುವಣ ಪರಸ್ಪರ ಚಲನೆಯನ್ನು ತಡೆಯುವ ಪ್ರವೃತಿಯು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಲೆನ್‌ಜ್ ನಿಯಮ (Lenz's Law) ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಇದೇ ತತ್ವವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿದರೆ (b) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ N ಧ್ರುವವು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯುವ ವೇಳೆಯಲ್ಲಿ C ಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕಿನ ಫಲವಾಗಿ N' ಮುಖಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ S' ಮುಖವು ಬರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, S',N ಗಳ ನಡುವೆ ಆಕರ್ಷಣೆ (attraction) ಉಂಟಾಗಿ, N ಧ್ರುವವು C ಸುರಳಿ ಯ ಕಡೆಗೆ ಸರಿಯುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯು ಇರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರ (c) ಮತ್ತು (d) ವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ (current made) ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿದರೆ, ಕ್ಷಣಿಕವಾಗಿ S ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಅದಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಪ್ರಕಾರ, ಪ್ರೇರಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾದರೆ, C ಸುರಳಿಯ ಆವರಿತ ಕ್ಷೇತ್ರ ಫಲವೂ (A) , ಸಂಖ್ಯೆ (n) ಯೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು, C ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ನಡುವೆ ಪರಸ್ಪರ ಚಲನೆಯ ವೇಗವು ಆದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಇದುವರೆವಿಗೂ ಕಂಡು ಬಂದಿರುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ತತ್ವದ ರೂಪ ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳನ್ನೇ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆಯ ನಿಯಮ

ನಿಯಮಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇವುಗಳನ್ನು ಫ್ಯಾರಡೆ ನಿಯಮಗಳೆಂದೂ ತಿಳಿಯಬಹುದು.

1. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ಮಂಡಲಕ್ಕೂ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೂ ಪರಸ್ಪರ ಚಲನೆಯು ಏರ್ಪಟ್ಟಾಗ, ಆ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ಷಣಿಕವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪ್ರೇರಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

2. ಈ ಪ್ರೇರಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪರಸ್ಪರ ಚಲನೆಯ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ.

3. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಪ್ರೇರೇಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ದಿಕ್ಕು ಯಾವಾಗಲೂ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ಮಂಡಲ ಮತ್ತು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ನಡುವಣ ಪರಸ್ಪರ ಚಲನೆಯನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುವಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಲೆನ್ಜ್ ನಿಯಮ (Lenz's Law) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ.

4. ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ಸುರಳಿಯ ಎರಡು ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ, ಆ ಸುರಳಿಗೂ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೂ ಪರಸ್ಪರ ಚಲನೆಯಿರುವಾಗ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು (e.m.f.) ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳ ಹರಿವಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ದರಕ್ಕೆ (rate of change of flux) ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

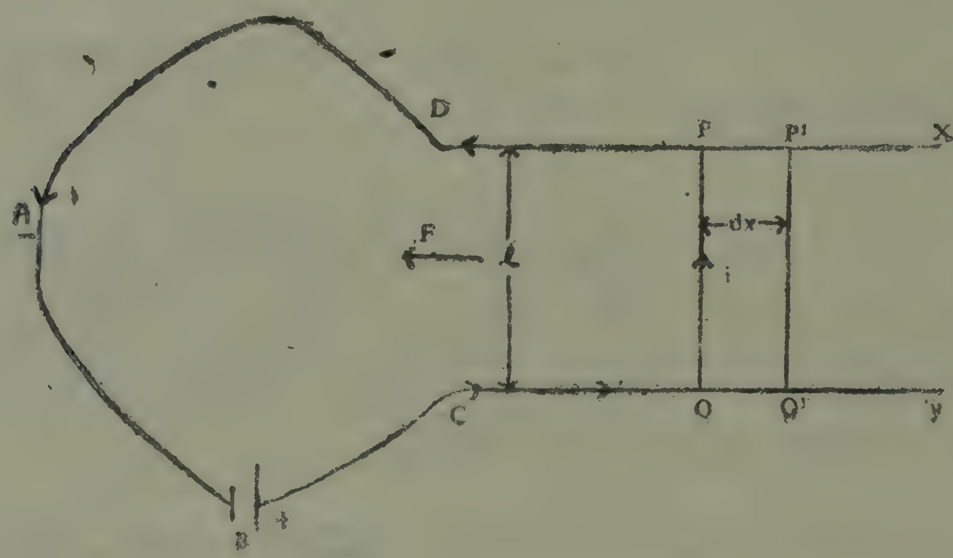
ಅಂದರೆ $e = -\frac{dN}{dt}$

ಇದರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಋಣ (−) ಚಿಹ್ನೆಯು ಲೆನ್ಜ್ ನಿಯಮದ ಪರಿಣಾಮ ಇದು ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಧಾನವಾದ ಸೂತ್ರ – ಈ ಸೂತ್ರದ ನಿಷ್ಪತ್ತಿಯನ್ನು ಮಾಡಿ ಅದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಬೇಕು.

8.3 $e = -\frac{dN}{dt}$ ಸೂತ್ರದ ನಿಷ್ಪತ್ತಿ

ಲೆನ್ಜ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ತಂತಿ ಮತ್ತು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ನಡುವಣ ಪರಸ್ಪರ ಚಲನದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಆ ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ಚೋದಿತವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ನೇರವು ಆ ಚಲನವನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಲವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೂ ವಿವರಿಸುವಂತೆ ಫ್ಲೆಮಿಂಗ್ ಬಲಗೈ

ಹೆಬ್ಬೆಟ್ಟು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ, ಬಲಗೈಯಿನ ಹೆಬ್ಬೆಟ್ಟು, ತೋರುಬೆರಳು ಮತ್ತು ಮಧ್ಯ ಬೆರಳುಗಳನ್ನು ಹಿಡಿದೆತ್ತಿ ಅವುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬ ನೇರಗಳಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ತೋರು ಬೆರಳು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರವನ್ನೂ ಹೆಬ್ಬೆಟ್ಟು, ಚಲನದ ನೇರವನ್ನೂ, ಮಧ್ಯ ಬೆರಳು ಪ್ರೇರಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ನೇರವನ್ನೂ ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ.



ಚಿತ್ರ 8.2 ಲೆನ್ಜ್ ಸೂತ್ರ $e = -\left(\frac{dN}{dt}\right)$ (ಪ್ರಯೋಗ)

ABCQPD ಯು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲವಾಗಿರಲಿ. ಇದರಲ್ಲಿ B ಎಂಬುದು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವಾಗಿದ್ದು, ಇದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು CQPD ನೇರದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುತ್ತಿರಲಿ. ಈ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ PQ ಭಾಗದ ತಂತಿಯು DX,CY ಎಂಬ ಸಮಾನಾಂತರ ಹಾದಿಗಳ (rails) ನಡುವೆ ಇದ್ದು, $\overrightarrow{QP}$ ನೇರದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುತ್ತಿರಲಿ, ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು i e.m.u. ಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಇರಲಿ ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಲಂಬನೇರದಲ್ಲಿ ಆ ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲದೊಳಕ್ಕೆ ಇರುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು H ಇರಲಿ, ಹೀಗಿರುವಾಗ QP ತಂತಿಯ ಮೇಲೆ ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ F ಎಂಬ ಬಲಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಲದ ನೇರಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ PQ ತಂತಿಯನ್ನು dx ದೂರದ ಮೂಲಕ P'Q' ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಸರಿಸಿ. ಇದರ ಕಾಲಾವಧಿಯು dt ಆಗಿರಲಿ.

ಈ ಚಲನದಿಂದ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (e) ಯು ಪ್ರೇರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ei dt ಎರ್ಗ್‌ಗಳು ಆಗುತ್ತದೆ. 8.1

QP ತಂತಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲವು F ಆದರೆ,

$$F = \mu \, Hil; \; (P = Ql) \text{ ಡೈನ್‌ಗಳು} \qquad 8.2$$

(μ – ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪಕತೆಯ ಗುಣಾಂಕ)

ಈ ಬಲದ ನೇರವು ಎಡಗೈ ಹೆಬ್ಬೆಟ್ಟಿನ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, $\overrightarrow{PD}$ ನೇರದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಎಡಗಡೆ ಇರುತ್ತದೆ. PQ ಭಾಗವನ್ನು dx ದೂರ ಸರಿಸುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು $F \cdot dx$ ಎರ್ಗ್ $= \mu \, Hil \cdot dx = dw$ 8.3

$P\,dx$ = [PQQ'P'] ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ = dA ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ

$$dw = \mu . H . l . dx . i$$

ಆದರೆ, ತಂತಿಯ ಚಲನದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲರೇಖೆಗಳ ಹರಿವಿನ (flux) ವ್ಯತ್ಯಾಸ $= \mu . H . l . dx = \mu \, H \cdot dA = dN$

$dw = i.dN$ ಎರ್ಗ್ 8.4

PQ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಬಲದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು = ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಲು, ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದ ಮೇಲೆ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ = – ಮಂಡಲದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಗಾಗಿ ಮಾಡಲ್ಪಡಬೇಕಾದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ (8.1) ಆದು ಶಕ್ತಿಯನಿಯತತ್ವದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಇರುತ್ತದೆ.

$$\therefore \quad idN = -e.i\,dt$$

$$e = -\frac{dN}{dt} \qquad 8.5$$

ಇಲ್ಲಿ e,i,N ಗಳೆಲ್ಲ e.m.u ಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡ್‌ನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾಂತ ರೇಖೆಯ (N = 1) ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೆ, ಪ್ರೇರಿತ e.m.f = 1 emu 10^8 ರೇಖೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿಯಾದರೆ e m.f = 1 ವೋಲ್ಟ್.

ಮೇಲೆ ನಿಷ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಿದ ಸೂತ್ರದ ರೂಪವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ವಿಧವಾಗಿಯೂ ತರಬಹುದು.

B ಕೋಶದ e.m.f = E ಆಗಿರಲಿ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು i ಆಗಿದ್ದಾಗ,

dt ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಕೋಶದಿಂದ ಒದಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಶಕ್ತಿ $= Ei.dt.$
ಅಂದರೆ 1 ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು Ei ಆಗುತ್ತದೆ.

$R =$ ಮಂಡಲದ ವಿದ್ಯುತ್ ರೋಧವಾದರೆ,
$i^2R =$ ಇದರಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಾಖರೂಪದ ಶಕ್ತಿ.

ಇದಲ್ಲದೆ, PQ ತಂತಿಯನ್ನು P′Q′ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಸರಿಸುವಾಗ,
ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣವು $\frac{i\,dN}{dT}$ (8.4 ಸಮೀಕರಣ)

ಈ ಎರಡು ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವೇ ಒದಗಿಸಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ,

$$Ei = i^2R + i.\frac{dN}{dT} \qquad 8.6$$

$$E = i\,R + \frac{dN}{dT}$$

$$i = \frac{E - \frac{dN}{dT}}{R} \qquad 8.7$$

ಅಥವಾ $i = \frac{E - e}{R}$ ಇಲ್ಲಿ $e = \frac{dN}{dT}$ 8.8

ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, PQ ತಂತಿಯು PQ′ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಸರಿಯುವಾಗ, ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ e.m.f ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು $-\frac{dN}{dT}$ [E ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ]

ಅಂದರೆ, ಪ್ರೇರಿತವಾದ e.m.f $= e = \frac{dN}{dT}$

ಇದನ್ನೇ ನಾವು ಸಾಧಿಸಬೇಕಾಗಿದ್ದುದು.

8.4 ಚೋದಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣ (Induced charge)

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು N_1 ಇಂದ N_2ಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುವಂತೆ ಭಾವಿಸೋಣ. ಹೀಗೆ

ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ ಒಂದು, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಚೋದಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು i ಆಗಿದ್ದು, ಇದು dt ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವಾಗ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣವು $dq = i \cdot dt$. ಮಂಡಲದ ಒಟ್ಟುರೋಧವು R ಆದರೆ

$$i = \frac{e}{R} = -\frac{1}{R} \cdot \frac{dN}{dt}$$

$$dq = i \cdot dt = -\frac{1}{R} \cdot \frac{dN}{dt} \cdot dt = -\frac{1}{R} \cdot dN$$

N_1 ಇಂದ N_2 ಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುವಾಗ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣದ ಮೌಲ್ಯವು q ಆದರೆ

$$q = \int dq = -\frac{1}{R} \int_{N_1}^{N_2} dN = \frac{N_1 - N_2}{R} \qquad 8.9$$

ಇದು e.m.u. ಮಾನದಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಅಥವಾ Q (ಕೂಲಾಂಬ್)

$$\frac{(N_1 - N_2) \text{ ವೀಬರ್}}{R \text{ ಓಂ}} \quad (\text{M. K. S. ಮಾನ})$$

ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮಾನಗಳಲ್ಲಿ 1 ಕೂಲಾಂಬ್ $= 10^{-1}$ e.m.u.

1 ಓಂ $= 10^9$ e.m.u.

1 ಕಾಂತರೇಖೆ (M.K.S.) $= 10^8$ e.m.u.
ವೀಬರ್ ಕಾಂತರೇಖೆಗಳು

ಉದಾಹರಣೆ

ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ಸುರಳಿಯು 50 ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು. ಅದರ ಕ್ಷೇತ್ರ ಫಲವು 300 ಚ. ಸೆಂ. ಮತ್ತು ರೋಧ = 40 ಓಮ್ಸ್. ಇದನ್ನು 20 ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟಡ್ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಇರಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಒಂದು ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತ 30^0 ಕೋನದ ಮೂಲಕ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿಸಿದರೆ, ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಚೋಧಿತವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣದ ಮೌಲ್ಯವೇನು ?

ಮೊದಲು $N^1 = \mu.H.A.n. = 1 \times 20 \times 300 \times 50 = 3 \times 10^5$ ರೇಖೆಗಳು (e.m.u.)

ಭ್ರಮಣದನಂತರ $N_2 = \mu\, H.A.n.\, Cos\theta = 20 \times 300 \times 50 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$

$= 2.598 \times 10^5$ ರೇಖೆಗಳು (e.m.u.)

ರೋಧ $= R = 40$ ಓಮ್ (40 M.K.S. ಮಾನ)

$$(N_1 - N_2) = \frac{0.402 \times 10^5}{10^8} \text{ M.K.S.}$$ (ವೀಬರ್)

$$Q = \frac{N_1 - N_2}{R} = \frac{0.402 \times 10^5}{10^8 \times 40} = 10^{-5}$$ ಕೂಲಾಂಬ್

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳ ಹರಿವಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣ (charge) ವನ್ನು ಒಂದು ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪ ಮಾದರಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅದರ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪವನ್ನು (θ) ಪ್ರಯೋಗ ದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದರೆ

$q = K'\theta$ ಆಗಿದ್ದು, K' = ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಮಾಪಕದ ನಿಯತಾಂಕವನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದರ ಮೂಲಕ q ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಂತಾಗಿದೆ.

ಇದನ್ನೇ ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು ಒಂದು ಭೂ ಚೋದಕ ಸುರಳಿ (earth inductor) ಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಭೂ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಅಂಗ ಗಳಾದ H,V ಮತ್ತು Q (dip) ಅವನತಿಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ವಿವರಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯ (ಆರನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯ) ದಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದೇ ಮಾದರಿಯ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳಿಂದ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ-ಅಂದರೆ ಮೆಗ್ ಓಂ $= 10^6$ಓಂಗಳಷ್ಟು-ರೋಧ ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ವಿಧಾನವನ್ನೂ ಅಲ್ಲಿಯೇ ವಿವರಿಸಿದೆ.

8.5 ಸುರಳಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು (Eddy Currents)

ಒಂದು ಘನವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು ವ್ಯತ್ಯಾಸಹೊಂದಿದರೆ, ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ವಾಹಕದ ಅಂತರ (body)

ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಮುಚ್ಚಿದ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಏರ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ ಸುಳಿ ಪ್ರವಾಹಗಳೆಂದು (eddy currents) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಈ ಪ್ರವಾಹ ಗಳು ಹರಿವಿನ ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಬಹುದು. ಈ ಸುರಳಿ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಲೆನ್‌ಜ್ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಚೋದಕ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ನೇರಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

(i) ಅರಗೋ ಫಲಕ (Arago's disc)

ಒಂದು ಗುಂಡಾದ ತಾಮ್ರದ ಬಿಲ್ಲೆಯನ್ನು ಕ್ಷಿತಿಜಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ ಒಂದು ಗೂಟದ ಮೇಲೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿ (pivot) ಇದನ್ನು ಲಂಬ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ವೇಗವಾಗಿ ತಿರುಗುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಮೇಲುಗಡೆ (ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ) ಬಿಲ್ಲೆಗೆ ತಾಕವಂತೆ ಒಂದು ದಂಡಕಾಂತವನ್ನು ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲದಲ್ಲಿಯೇ ತೂಗುಹಾಕಿ ಅದಕ್ಕೂ ಕೂಡ ತಿರುಗಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿರುವಾಗ ತಾಮ್ರದ ಬಿಲ್ಲೆಯನ್ನು ಜೋರಾಗಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿಸಿದರೆ ಅದರ ಮೇಲೆ ಇರುವ ದಂಡ ಕಾಂತವು ಕೂಡ ತಾಮ್ರದ ಬಿಲ್ಲೆಯು ತಿರುಗುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ತಾನೂ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವುದನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ದಂಡಕಾಂತದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ತಾಮ್ರದ ಬಿಲ್ಲೆಯೊಳಗೆ ಅದರ ಭ್ರಮಣದಿಂದ ಸುರಳಿ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಪ್ರೇರಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಲೆನ್‌ಜ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಇವುಗಳ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯಿಂದ ತಾಮ್ರಬಿಲ್ಲೆಗೂ ದಂಡಕಾಂತಕ್ಕೂ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಭ್ರಮಣವನ್ನು ವಿರೋಧಿಸಬೇಕು. ಹೀಗಾಗಬೇಕಾದರೆ, ದಂಡಕಾಂತವೂ ತಾಮ್ರಬಿಲ್ಲೆಯ ಭ್ರಮಣವನ್ನು ಅದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಅನುಸರಿಸಬೇಕು.

ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ತಾಮ್ರದ ಬಿಲ್ಲೆಯನ್ನು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿಟ್ಟರೆ. ಅದರ ಮೇಲಿರುವ ದಂಡಕಾಂತವನ್ನೇ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿಸಿದರೆ, ಇದೇ ರೀತಿಯ ಭ್ರಮಣ ವನ್ನೇ ತಾಮ್ರದ ಬಿಲ್ಲೆಯೂ ಕೂಡ ಅನುಕರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇ ತತ್ವವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಪಾಲಿಫೇಸ್ ಚೋದನ ಮೋಟರ್ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ (Poly phase induction motor) ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಂದ (Alternating currents) ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪರ್ಯಾಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಒಂದು ಅಚ್ಚಿನ ಮೇಲೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುವ ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ (closed conductor) ದಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ ಭ್ರಮಣವನ್ನು ಪ್ರೇರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

2. **ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಮಿಡಿತಡೆ** (Electro magnetic damping)

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯ (ಆರನೆಯ) ದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮಾದರಿಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಕ್ಕೆ ಕ್ಷಿಪ್ರಸ್ತಂಭ (dead-beat) ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ತೂಗುಸುರಳಿ ತಂತಿ (suspended coil) ಯನ್ನು ಒಂದು ತಾಮ್ರ ಅಥವಾ ಹಿತ್ತಾಳೆಯ ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯ ಮೇಲೆ ಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರ್ಪಟ್ಟಾಗ ಅದು ಭ್ರಮಣಮಾಡುವಾಗ ಅದರೊಂದಿಗೆ ತಾಮ್ರಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯೂ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದು ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇರುವುದರಿಂದ ಆ ಲೋಹದ ಒಳಗಡೆ ಸುಳಿ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಏರ್ಪಟ್ಟು ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಥಟಕ್ಕನೆ ಆಂದೋಳನವು ನಿಂತು ಸಮ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಸುರಳಿಯು ಕ್ಷಿಪ್ರಸ್ತಂಭನ (dead-beat) ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಮರಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ತಂತಿಸುರಳಿಯು ಹಲವಾರು ಆಂದೋಳನಗಳು ಮಾಡಿದನಂತರ, ಬಹಳ ಕಾಲದ ಅವಧಿಯ ಮೇಲೆ ಹಿಂತಿರುಗುವ ಸಂಭವವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾಲವಿಳಂಬವು ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಅಡಚಣೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

3. ಸುಳಿ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಏರ್ಪಡುವುದರಿಂದ, ಲೋಹವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವು ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ತತ್ವದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆಯೇ, ಚೋದನೆಕುಲುಮೆಗಳು (Induction furnacs) ನಿರ್ಮಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಕಾಯಿಸಬೇಕೆಂದಿರುವ ಲೋಹ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕವನ್ನು ಅತಿವೇಗದಿಂದ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯ ಪ್ರಮಾಣವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದರೆ ಆ ವಸ್ತುವು ಕರಗಿಹೋಗಬಹುದು. ಇದೇ ವಿಧಾನದಿಂದ ಹೊಸ ಮಾದರಿಯ ಮಿಶ್ರಲೋಹಗಳನ್ನು ತಯಾರು ಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

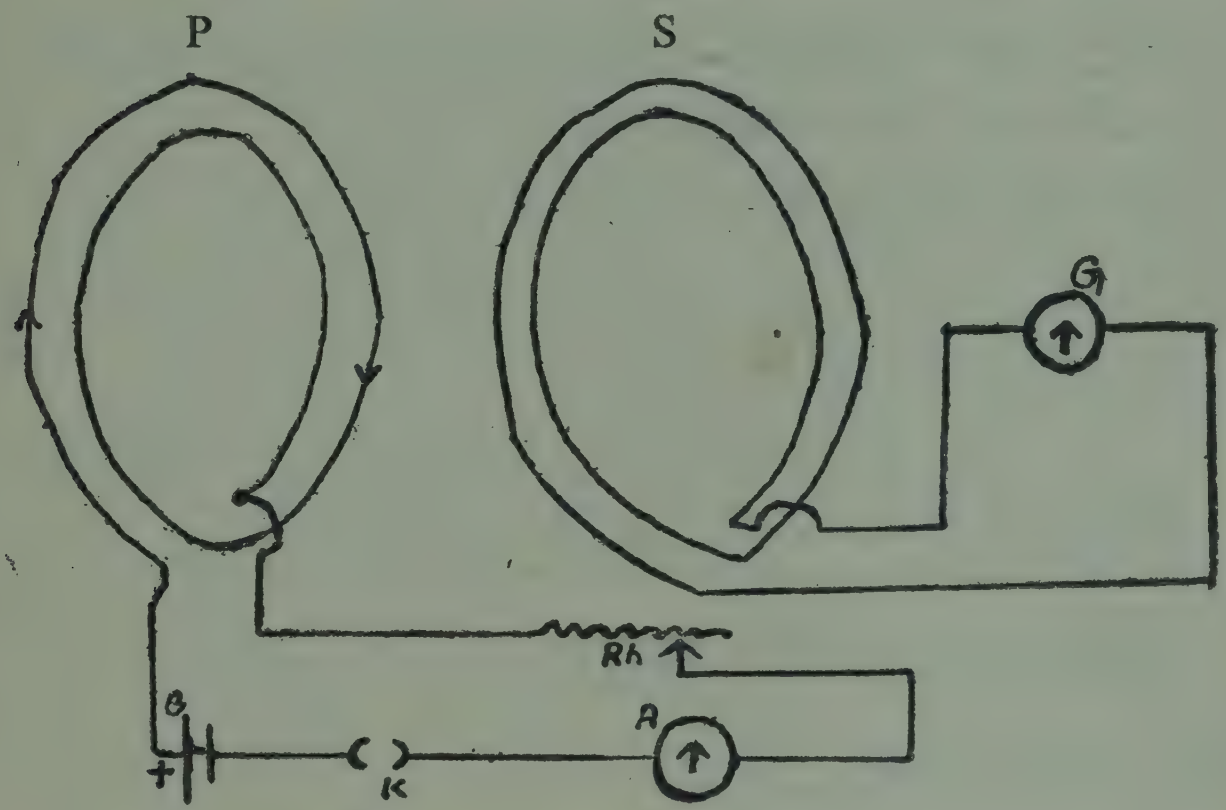
4. ಸುಳಿ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಉಷ್ಣಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಸ್ನಾಯುಗಳನ್ನು (tissues) ಸ್ಥಳೀಯವಾಗಿ ಕಾಯಿಸುವ ವಿಧಾನವೊಂದನ್ನು ವೈದ್ಯ ಚಿಕಿತ್ಸೆಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿದೆ.

5. ಯಂತ್ರ ವಿಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಲೋಹ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಸುಳಿಪ್ರವಾಹಗಳಿಂದ ಶಕ್ತಿಯು ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ, ಇದನ್ನು ಆದಷ್ಟು ಕಡಮೆ ಮಾಡಲು, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಚಲನ ಮಾಡುವ ಲೋಹದ ಹಾಳೆ (Sheets) ಗಳನ್ನು ಅಖಂಡವಾಗಿರದಂತೆ ಹಲವಾರು ಸಣ್ಣಪದರಗಳನ್ನಾಗಿ ಕತ್ತರಿಸಿ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಗಾಳಿಯ ಅಂತರಗಳಿರುವಂತೆ (laminated)

ಮಾಡಿ, ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಈ ಗಾಳಿಯ ಪ್ರತಿಬಂಧಕದಿಂದ, ಸುಳಿಪ್ರವಾಹ ಗಳಿಗೆ ತಡೆಯುು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ.

8.6 ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಚೋದನೆ (Mutual Induction)

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆಯ ಪ್ರದರ್ಶನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಚಿತ್ರ 8.1 (c) ಮತ್ತು (d) ಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 8.3 ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಚೋದನೆ

P ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸುರಳಿ. ಇದರಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಸುತ್ತುಗಳಿದ್ದು ಇದರ ಅಡ್ಡಳತೆ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು ಇದನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ B ವಿದ್ಯುತ್, ಕೋಶ K ಒಂದು ಬೆಣೆ, A, ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕ ಮತ್ತು Rh ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳಬಹುದಾದ ರೋಧ - ಈ ಸುರಳಿಗೆ ಸಮೀಪ್ಯ ದಲ್ಲಿ (ಸಮನಾಂತರವಾಗಿ) S ಮತ್ತೊಂದು ಇದೇ ತರಹದ ಸುರುಳಿ ಇದೆ. ಇದನು G ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿಸಿದೆ.

ಈಗ, P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು i ಆಗಿದ್ದು, ಅದನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಇದರಿಂದ ಏರ್ಪಡುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲವು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆದರಿಂದ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರುವ

S ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ಕಾಂತರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು (N) ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಬದಲಾವಣೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, S ನಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಬದಲಾಗಿ, G ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಬಹುದಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ.

S ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ e.m.f. e. ಆದರೆ

$$e_s = - \frac{dN}{dt}$$

ಇಲ್ಲಿ N ಮೌಲ್ಯವು P ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ–S ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ n_s ಸುತ್ತುಗಳಿದ್ದು. i_p = P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಆಗಿದ್ದರೆ, $N_s \propto i_p$.

$$e_s \, a - N_s : \frac{di_P}{dt} \qquad 8.10$$

ಅಥವಾ $e_s = - N_s.k \frac{di_P}{dt}$ (k = ನಿಯತಾಂಕ) 8.11

ಇದು c.g.s. ಮಾನದಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ

ಇದನ್ನೇ M.KS. ಮಾನದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟರೆ,

$E^s = -10^{-8}.N^s. K. \frac{dI_p}{dt}$ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಾಗುತ್ತದೆ. 8.12

I_p ಯು ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$+10^{-8} N_s K = M$ = ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಚೋದನೆಯ ಗುಣಾಂಕ = ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಚೋದಕತ್ವ (co-efficient of mutual induction or mutual inductance) ಆದರೆ

$$E_s = - M. \frac{di_p}{dt} \qquad 8.13$$

$\frac{di_p}{dt}$ = + ಆದರೆ, E_s (–) ಋಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, p ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರುತ್ತಿದ್ದರೆ, E_s ಋಣವಾಗಿದ್ದು ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ $\frac{di_p}{dt}$ ಋ–ಆದರೆ, ಅಂದರೆ P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಇಳಿಯುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿರುವಂತೆ E_s ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಸ್ಥಿರವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿದ್ದು ಅದು ಬದಲಾಯಿಸದೆ ಹೋದರೆ $\frac{di_p}{dt} = O$; $E_s = O$

M.K.S. ಮಾನದಲ್ಲಿ M ಗುಣಾಂಕದ ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ 1 ಹೆನ್ರಿ (1 Henry) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದನ್ನು ಹೀಗೆ ವಿವರಿಸಬಹುದು.

ಪ್ರಥಮ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ(primary) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಒಂದು ಆಂಪಿಯರ್‌ನಂತೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಇರುವಾಗ, ದ್ವಿತೀಯ ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ e.m.f = 1 ವೋಲ್ಟ್ ಆದರೆ, ಸುರಳಿಗಳ ನಡುವಣ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಚೋದ ಕತ್ವವು 1 ಹೆನ್ರಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$$1 \text{ ಹೆನ್ರಿ} = \frac{\text{ದ್ವಿತೀಯ ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ 1 ವೋಲ್ಟ್ ಪ್ರೇರಿತ e.m.f}}{\text{ಪ್ರಥಮ ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಬದಲಾವಣೆಯ ದರ ಆಂಪಿಯರ್/1 ಸೆಕೆಂಡ್}}$$

$$= \frac{10^8 \text{ e.m.u ಮಾನ e.m.f}}{10^{-1} \text{ e.m.u ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಬದಲಾವಣೆ/1 ಸೆಕೆಂಡ್}}$$

$$= 10^9 \text{e.mu ಪ್ರಚೋದನೆಯ ಮಾನಗಳು}$$

1 ಮಿಲಿ ಹೆನ್ರಿ $= 10^{-3}$ ಹೆನ್ರಿ

ಎರಡು ಸುರುಳಿಗಳ ನಡುವಣ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಚೋದನೆಯ ಗುಣಾಂಕವು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಅಂಗಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

(i) P,S ಸುರಳಿಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ.

(2) P,S ಸುರಳಿಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರ ಫಲಗಳ ಮೌಲ್ಯ ಮತ್ತು

(3) ಅವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಥಾನಗಳು.

8.7 ಸ್ವಪ್ರಚೋದನೆ (Self-induction)

ಇದುವರೆವಿಗೂ, P, S ಎಂಬ ಎರಡು ಸುರಳಿಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ P ಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಬದಲಾವಣೆಯ ಮೂಲಕ, S ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಚೋದಿತವಾಗುವ e.m.f ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ವಿಚಾರ ಮಾಡಿದೆವು.

ಈಗ, P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಬದಲಾಗುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಇದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲವು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳು ಕಾಂತ S ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವಾಗ, P ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕವೂ ಹರಿಯುತ್ತಿರಲೇಬೇಕು.

ಅಂದರೆ, P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ $\frac{di_P}{dt}$ ಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಬದಲಾವಣೆಯ ದರವಾದರೆ, P ಸುರಳಿಯ ಮುಖಾಂತರ ಹರಿಯುವಾಗ ಕಾಂತ ರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು N_P ಆದರೆ,

$$e = -\frac{dN_P}{dt} \qquad 8.15$$

ಇದರಿಂದ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ e.m.f . e_P ಆದರೆ, ಇದು P ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಬೇಕು. ಇದು, B ಕೋಶದಿಂದ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ನೇರಕ್ಕೆ ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ಪ್ರೇರಿತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ $e_P = -\frac{dN_P}{dt}$

$N_P = L.i$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ

$$e_p = -L\cdot\frac{di_P}{dt} \qquad 8.16$$

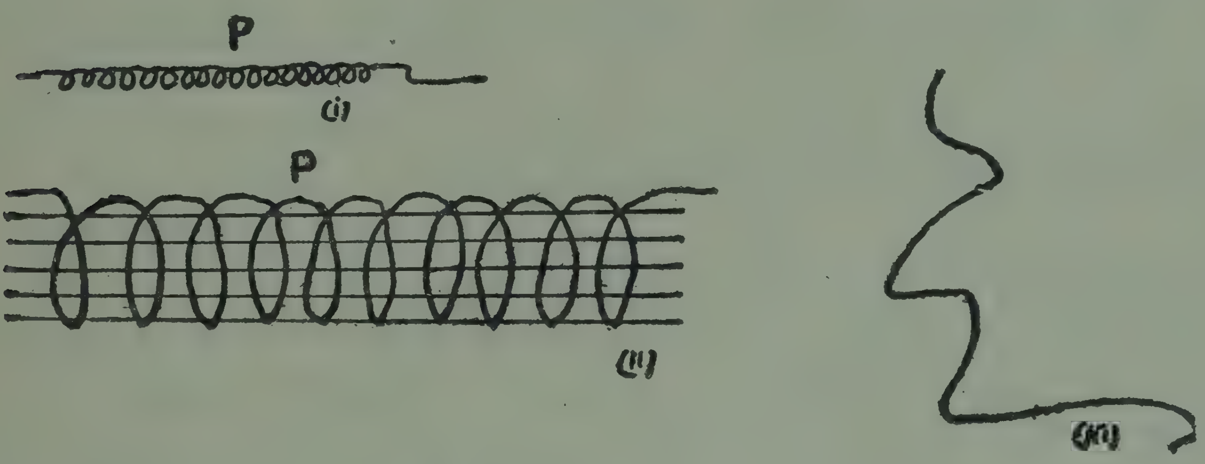
ಅಂದರೆ, P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರುತ್ತಿರುವಾಗ, ಇದನ್ನು ತಡೆಯುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ e.m.f ಪ್ರೇರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ $\frac{di_P}{dt}$ ಯು–ಆದಾಗ e_P ಯು+ಆಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಇಳಿಯುವಿಕೆಯನ್ನೂ ತಡೆದು ವಿರೋಧಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಮೂಲವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯುಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ L = ಸ್ವಪ್ರಚೋದನೆಯ ಗುಣಾಂಕ ಅಥವಾ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವ (Self inductance) ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

$$L = \frac{\text{ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತವಾದ e.m.f}}{\text{Pಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಬದಲಾವಣೆಯ ದರ}} \qquad 8.17$$

ಒಂದು ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು, ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 1ಆಂಪಿಯರ್‌ನಂತೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿದ್ದು, ಅದರ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರೇರಿತವಾದ e.m.f= 1ವೋಲ್ಟ್ ಆದರೆ, ಆ ಸುರಳಿಯ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವವು 1 ಹೆನ್ರಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು M.K.S ಏಕಮಾನ.

L ಮೌಲ್ಯವು ಆ ಸುರಳಿ(P) ಯ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ, ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ ಮತ್ತು ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಮಾಡಿರುವ ವಿಧಾನವನ್ನು (manner of winding) ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ 1ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತಿರುವಾಗ ಆ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ಕಾಂತರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನೇ L ಎಂದೂ ಕರೆಯಬಹುದು. ಸುರಳಿಯನ್ನು μ (ಕಾಂತ ವ್ಯಾಪಕತೆಯ ಗುಣಾಂಕ) ವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಸುತ್ತಲೂ ಸುತ್ತಿದ್ದರೆ–N ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವಾಗ, μ ಗುಣಾಂಕದಿಂದ ಗುಣಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ-ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (i) (ii)



ಚಿತ್ರ 8.4 ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕಗಳು

ಗಳು ಚೋದನೆಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಸುರಳಿಗಳ ವಿಧಾನವನ್ನೂ ತೋರಿಸಿದೆ. (ii)ಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಸುತ್ತಲೂ ಸುರಳಿಯ ಸುತ್ತುಗಳು ಆವರಿಸಿವೆ. (iii) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವುದು ಚೋದನೆಗೆ ಒಳಗಾಗದೆ ಇರುವ ಒಂದು ರೋಧವನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ.

ಒಂದು ಚೋದಕ ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ, ಅದರಲ್ಲಿ ಸ್ವಪ್ರಚೋದನೆಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ e.m.f. ಪ್ರೇರಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಇದನ್ನು $E = - L \frac{dI}{dt}$ (M.K.S. ಮಾನ)

I ಆಂಪಿಯರ್ ಪ್ರವಾಹವು E ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ P.D ಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವಾಗ, dt ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು

$dw = EI.\ dt$ ಜೂಲ್‌ಗಳು

ಆದ್ದರಿಂದ, dt ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಲು (establishing the current) ಬೇಕಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು

$$dw = -L.I.\frac{dI.}{dt}dt = \left[LI.dI \right]$$ ಬರೀ ಸಂಖ್ಯಾಪೂರಕವಾಗಿ (numarically)

ಆದ್ದರಿಂದ I ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕಾಗುವ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿ

$$W = \int dw = \int_0^I LIdI = \frac{1}{2} LI^2 \text{ ಜೂಲ್‌ಗಳು} \qquad 8.18$$

[ಇವುಗಳೆಲ್ಲ e.m u ಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಇದ್ದರೆ $W = \frac{1}{2} li^2$ ಎರ್ಗ್‌ಗಳು]

ಒಂದು ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ 1 ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಮಾಡಲ್ಪಡಬೇಕಾದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣದ ಎರಡರಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದೇ ಆ ಸುರಳಿಯ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವ (L)

[$2W = LI^2 = L$(I = 1 ಆಂಪಿಯರ್ ಆದಾಗ)]

ಹೀಗಾಗಿ, L = ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವವನ್ನು ಮೂರು ವಿಧದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಬಹುದು

(1) I ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವಾಗ, ಉಂಟಾಗುವ ಕಾಂತ ರೇಖೆಗಳ ಹರಿವಿನ ಪ್ರಮಾಣ ($N = LI$).

(2) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು 1 ಸೆಕೆಂಡ್‌ಗೆ 1 ಆಂಪಿಯರ್‌ನಂತೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ, ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ e.m.f ಪ್ರಮಾಣ $\left(E = L.\frac{dI}{dt} \right)$

(3) ಒಂದು ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಲು ಮಾಡಲ್ಪಡಬೇಕಾದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯ ಎರಡರಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣ. [$LI^2 = 2W$]

8.18 ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ $W = \frac{1}{2}LI^2$ ಎಂಬುದರ ಅರ್ಥವನ್ನು ಹೀಗೆ ತಿಳಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಸ್ವಪ್ರಚೋದನೆಯು ಇರುವಾಗ ಇದನ್ನು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಜಡತ್ವಕ್ಕೆ (mechanical inertia) ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ಮಂಡಲದೊಡನೆ ಸಂಯೋಜನೆ ಹೊಂದಿರುವ ಕಾಂತರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟೂ, ಸ್ವಪ್ರಚೋದನೆಯು (L) ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ F ಎಂಬ ಒಂದು ಬಲವು m ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾದಾಗ, ಅದರಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವುಂಟಾಗಿ, ನ್ಯೂಟನ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ,

$$F = m.\frac{dv}{dt}$$

ಇದನ್ನೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಆದರ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ i ಯ ಬದಲಾವಣೆಯ ದರವು $\frac{di}{dt}$ ಆದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ $e.m.f = e = L.\frac{di}{dt}$

ಆದ್ದರಿಂದ, ಇಲ್ಲಿ L ಎಂಬುದು ಅಲ್ಲಿ m ನಂತೆಯೂ, i ಯು v ಅಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಯಾವ ವಸ್ತುವೇ ಆಗಲಿ, ವೇಗದ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ ಕಾರಣದಿಂದ ಅದರಲ್ಲಿ 'v' ವೇಗವನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ, ಸ್ವಲ್ಪಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು ಮಾಡಲ್ಪಡಬೇಕಾದುದು ಅವಶ್ಯ. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು $W = \frac{1}{2}mv^2$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇದನ್ನೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, m ಗೆ ಬದಲಾಗಿ L ಮತ್ತು V ಗೆ ಬದಲಾಗಿ i ಇರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಲ್ಲಿಯೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು O ಇಂದ i ಗೆ ಏರಬೇಕಾದಪ್ರೇರಿತ (e.m.f) ಅನ್ನುಎದುರಿಸಿ, ಮಾಡಲ್ಪಡಬೇಕಾದ ಶಕ್ತಿಯು $\frac{1}{2}Li^2$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, $\frac{1}{2}Li^2 =$ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾದ ಶಕ್ತಿ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು $W = \frac{1}{2}CV^2$ ಎಂದು ತೋರಿಸಿದ್ದಾಗಿದೆ.

ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗುವ ಶಕ್ತಿ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ವಸ್ತುಗಳ ಚಲನ ವಿಜ್ಞಾನ, ಕಾಂತಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ ಎಂದು ಮೂರು ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುವ ಹೋಲಿಕೆಯು ಅರ್ಥಪೂರಿತವಾದುದು.

8.8 ತಂತಿಯುರುಳೆಯ ಕಾಂತದ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವ (Self-inductance of a solenoid)

ಸೊಲಿನಾಯ್ಡ್‌ನ ಉದ್ದ $= l$ ಸೆಂ. ಮೀ.
ಅಡ್ಡಗಲದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ $=$ A ಚ. ಸೆಂ. ಮೀ.
ಒಟ್ಟು ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ $=$ n.
1 e.m.u ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ($i=1$)ಆದರೆ,

$$F = \text{ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ} = \frac{4\pi n.1}{l} = \frac{4\pi n}{l}$$

ಒಂದು ಸುತ್ತಿನ ಮೂಲಕ ಕಾಂತ ಹರಿವು (Flux) $= \frac{4\pi n.A}{l}$

ಒಟ್ಟು n ಸುತ್ತುಗಳ ಮೂಲಕ ಹರಿವು $= \frac{4\pi n^2 A}{l}$ e.m.u

ಇದೇ L $=$ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವ

$\therefore L = \frac{4\pi n^2 A}{l}$ e.m.u

$$\frac{\pi 4\pi n^2 A\mu}{l} \times 10^{-9} \text{ ಹೆನ್ರಿಗಳು} \qquad 8.19$$

ಈ ಸುರಳಿಯನ್ನು μ ವ್ಯಾಪಕ ಗುಣಾಂಕದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಸುತ್ತಾ ಸುತ್ತಿದ್ದರೆ

$$L = \frac{4\pi n^2 A\mu}{l} \times 10^{-9} \text{ಹೆನ್ರಿಗಳು} \qquad 8.20$$

ಉದಾಹರಣೆ

100 ಸುತ್ತುಗಳಿರುವ ಒಂದು ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ 3 ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ವಿರುವಾಗ, 6000 ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ಗಳ ಕಾಂತ ಹರಿವನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅದರ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವದ ಪ್ರಮಾಣವೇನು?

ಸುರಳಿಯೊಂದಿಗೆ ಸಂಯೋಜಿತವಾಗಿರುವ ಕಾಂತ ಹರಿವು $= 6000 \times 100$ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ 3 ಆಂಪಿಯರ್ $\frac{3}{10}$ e.m.u ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಹರಿವು

$$= 6000 \times 100$$

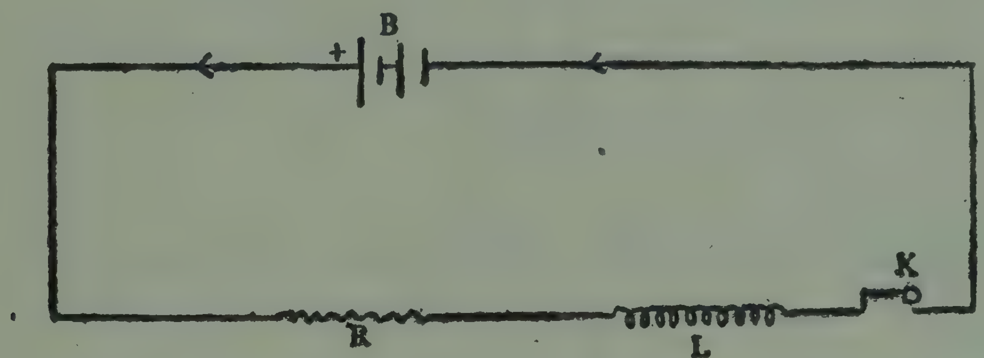
$\therefore$ 1 e.m.u. ,, — ,, — $= \frac{6000 \times 100 \times 10}{3}$ e.m.u.

$$= 2 \times 10^6 \text{ e.m.u.}$$

$L = 2 \times 10^6$ e.m.u. $= 2 \times 10^6 \times 10^{-9}$ ಹೆನ್ರಿ $= 2 \times 10^{-3}$ ಹೆನ್ರಿಗಳು

8.9 R ಮತ್ತು L ಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಂಡಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವೃದ್ಧಿ ಮತ್ತು ಕ್ಷಯ

(Growth and decay of current in an inductive circuit with L & R)



ಚಿತ್ರ 8.5 L–R ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲ

ಚಿತ್ರ (8·5)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲವನ್ನು ರಚಿಸಿ. ಅವರಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ (E) ರೋಧ R ಮತ್ತು ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕ ಸುರಳಿ LK ಎಂಬುದು ಒಂದು ಬೆಣೆಯಾಗಿದ್ದು, ಆದನ್ನು ಒತ್ತಿದ ತತ್‌ಕ್ಷಣ, ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸುತ್ತದೆ. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ಈ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ L ಸುರಳಿಯು ಇರುವುದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವೃದ್ಧಿ ಯಾಗುತ್ತಿರುವಂತೆಯೇ, ಆದಲ್ಲಿ $-L \frac{dI}{dt}$ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (e)ವು ಪ್ರೇರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಮೂಲವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ e.m.f. (E) ಗೆ ವಿರೋಧವಾಗಿದ್ದು ಪ್ರವಾಹದ ವೃದ್ಧಿಯನ್ನು ತಡೆದು ನಿಧಾನಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯದಿಂದ (0) ಹಿಡಿದು ಆದರ ಉಚ್ಚ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ತಲುಪಲು ಬಹಳ ಕಾಲಹಿಡಿಯುತ್ತದೆ. ಈಗ ಈ ಪ್ರವಾಹದ ವೃದ್ಧಿಯ ದರದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

K ಬೆಣೆಯನ್ನು ಒತ್ತಿದ ಮೇಲೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು 0 ಇಂದ ಏರುತ್ತ ಅಂತಿಮವಾಗಿ I_0 ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಹೊಂದುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಇದನ್ನು ಮುಟ್ಟುವವರೆಗೆ ಮಧ್ಯಸ್ತ ಕಾಲ 't'ದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ I ಆದರೆ, ಆದರ ವೃದ್ಧಿಯ ದರವು

$$\frac{dI}{dt} \text{ ಆಗಿ, ಪ್ರೇರಿತ c.m.f.} = -L \frac{dI}{dt}$$

ಆದ್ದರಿಂದ ಕೋಶದ ಮೂಲ e.m.f. E ಆದರೆ, ಇದು R ರೋಧದ ಎರಡು ತುದಿಗಳ ನಡುವಣ PDಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದಕ್ಕೂ, L ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಉಂಟಾಗುವ ವಿರೋಧ e.m.f. ಅನ್ನು ಸರಿದೂಗುವುದಕ್ಕೂ ಬೇಕಾಗುವುದು

$$\therefore \; = IR + L.\frac{dI}{dt} \quad \left[E - L\frac{dI}{dt} \quad = IR \right] \qquad 8.21$$

I_0 ಅಂತಿಮ ಮೌಲ್ಯವಾದರೆ

$$E = I_0 R \tag{8.22}$$

$$\therefore R(I_0 - I) = L.\frac{dI}{dt}$$

$$\frac{dI}{I_0 - I} = -\frac{R}{L}dt.$$

ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಲನ ಕ್ರಿಯೆ (Integration) ಮಾಡಿದರೆ,

$\log_\varepsilon\left(Io - I\right) = \frac{-R}{L}t + K$ (K = ನಿಯತಾಂಕ) ಮೇರೆ ನಿಯಮಗಳ ಪ್ರಕಾರ

$$t = O;\quad I = O$$

$$K = \log_\varepsilon Io$$

$$\therefore \log_\varepsilon \frac{Io - I}{Io} = -\frac{R}{L}.t$$

$$\therefore (Io - I) = Io\ \varepsilon^{\frac{-R}{L}.t}$$

$$\therefore I = Io\left(1 - \varepsilon^{-\frac{R}{L}.t}\right)$$

$$I = \frac{E}{R}\left(1 - \varepsilon^{-\frac{R}{L}.t}\right) \tag{8.23}$$

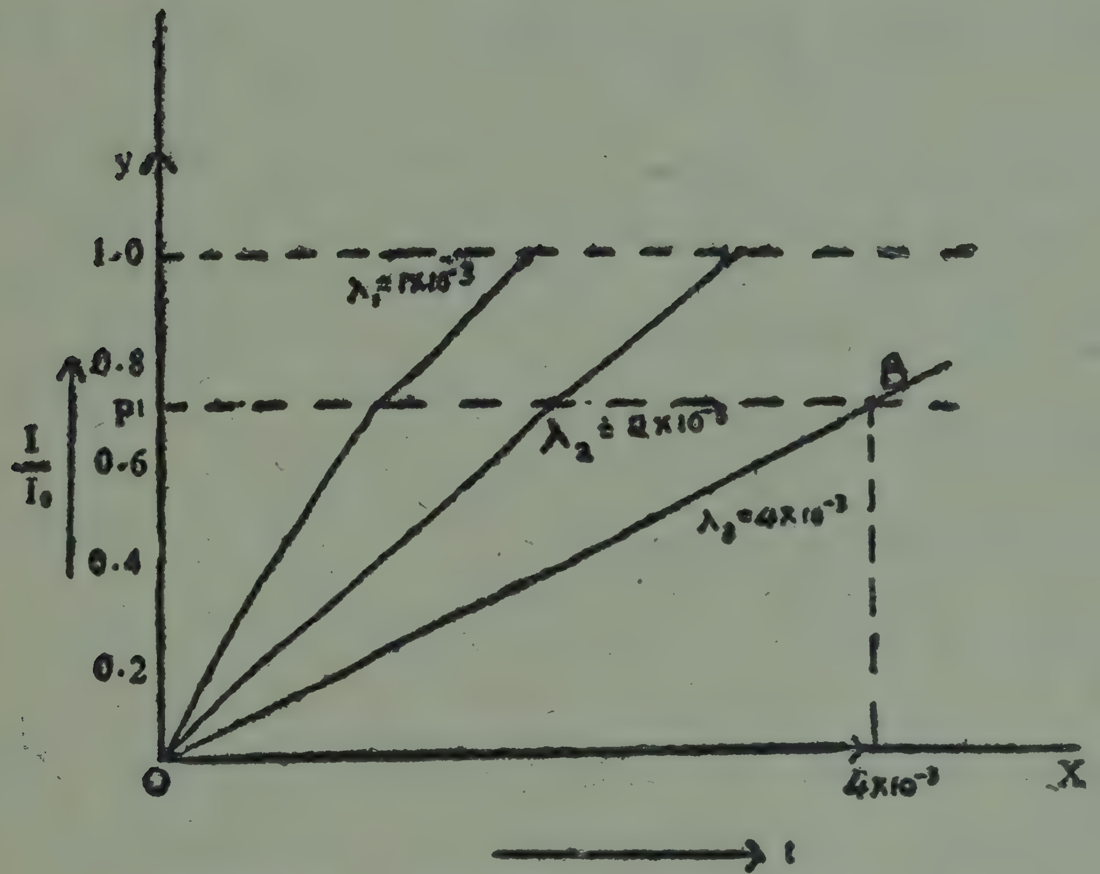
$$I = Io\left\{1 - \frac{1}{\varepsilon^{\frac{Rt}{L}}}\right\} \tag{8.24}$$

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವೃದ್ಧಿಯ ದರವು

$$\frac{dI}{dt} = Io\frac{R}{L}.\varepsilon^{-\frac{R}{L}} = \frac{R}{L}\left(Io - I\right) \tag{8.25}$$

ಇಲ್ಲಿ [$\epsilon = 2.7183$ = ನೇಪೀರಿಯನ್ ಲಾಗರಿಥಂನ ಆಧಾರಸಂಖ್ಯೆ (Naperian base], $\frac{L}{R} = \lambda$ ಕಾಲನಿಯಕಾಂಕ 8.26

ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ $I = Io\left((1 - \epsilon \frac{-t}{\lambda}\right)$ 8.27



ಚಿತ್ರ 8.6 L-R ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ವೃದ್ಧಿ

t ಯನ್ನು OX ಅಕ್ಷರದಲ್ಲಿಯೂ $\frac{Io}{I}$ ಅನ್ನು OY ಅಕ್ಷರದಲ್ಲಿಯೂ ಗುರುತಿಸಿ, $\lambda = \frac{L}{R}$ ಗೆ ವಿವಿಧ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟರೆ ಬರುವ ರೇಖೆಗಳನ್ನು 8.6 ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಅಂಶಗಳು ಹೀಗೆ ಇರುತ್ತವೆ.

(i) ಎಲ್ಲ ರೇಖೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, $\frac{I}{Io} = 1$ ರೇಖೆಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಬೇಕಾದರೆ, ಅಂತಿಮ ಕಾಲವು $t = \infty$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

(ii) ಆದರೆ $\left(\frac{L}{R}\right)$ ಕಡಮೆಯಾಗಿದ್ದಷ್ಟು, ವೃದ್ಧಿಯ ದರವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು, $\frac{I}{Io}$ ರೇಖೆಯನ್ನು ಅತಿ ಬೇಗ ಮುಟ್ಟುವ ಸಂಭವವಿದೆ, ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ ಆಗಿದ್ದು, ವೃದ್ಧಿಯು ಹೇಗೆ ನಿಧಾನವಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆಂದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

(iii) $\frac{L}{R} = t$ ಆದರೆ, $\lambda = t$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಆಗ

$$I = I_0 \left\{1 - \varepsilon^{-1}\right\} = I_0 \left\{1 - \frac{1}{2.718}\right\} = 0.632\ I_0$$

ಅಂದರೆ, $t = \lambda$ ಆಗುವಾಗ,

$I = 0.632\ I_0$ ಅಥವಾ $\frac{2}{3} I_0$ (ಸುಮಾರಾಗಿ) 8.20 (a)

ಇದನ್ನೇ ಚಿತ್ರ 8.6 ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

ಅಲ್ಲಿ $t = 4 \times 10^{-3}$ ಸೆಕೆಂಡ್

$$\frac{L}{R} = \lambda_3 = 4 \times 10^{-3}$$

ಆಗ, B ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ $OA = t = \lambda$

$$AB = OM = 0.632 \left[\frac{I}{I_0} = 0.632\right]$$

$$= \frac{I}{I_0}$$

ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು 0 ಇಂದ $0.632\ I_0$ (ಅಥವಾ $0.63\ I_0$) ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಮುಟ್ಟಲು ಬೇಕಾದ ಕಾಲವು $t = \lambda = \frac{L}{R}$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ $\frac{L}{R}$ ಬಹಳ ಕಡಮೆಯಾಗಿರುವುದ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ $I \equiv I_0$ ಆಗಲು ಬಹಳ ಕಾಲ ಬೇಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

(iv) ಈಗ ಸುರಳಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗುವ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣ ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದುತ್ತಿರುವಾಗ

$$E = IR + L\frac{dI}{dt} \text{(8.21 ಸಮೀಕರಣ)}$$

$$\therefore\ EIdt = I^2R\ dt + LI.dI$$

ಇಲ್ಲಿ $EI.dt$ = ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದಿಂದ ಒದಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿ (dt ಕಾಲದಲ್ಲಿ)

ಇದೇ dt ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ I^2Rdt = Rರೋಧವನ್ನು ಕಾಯಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ನಶಿಸುವ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು $LI\ dI$ = ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ e.m.f. ಅನ್ನು ಎದುರಿಸಿ ಮಾಡಲ್ಪಡಬೇಕಾದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ.

ಆದ್ದರಿಂದ O ಇಂದ I_o ಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವು ಏರುವಾಗ, ಒಟ್ಟು ಮಾಡಲ್ಪಡಬೇಕಾದ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯು W ಆದರೆ

$$W = \int_O^{I_o} LI.dI = \frac{1}{2} LI_o^2 \qquad 8.28$$

ಇದೇ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣ.

ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಕ್ಷಯದ ವಿಧಾನ

ಈಗ 8.5 ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತಿರುವಾಗ, K ಬೆಣೆಯನ್ನು ತೆರೆಯುವುದರ ಮೂಲಕ (Switched off) E = O ಆದಂತಾಗುತ್ತದೆ ಆದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆಯ ಮೂಲಕ, ವಿದ್ಯುತ್ e.m.f. ಪ್ರೇರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, 8.21 ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ,

$$L \frac{dI}{dt} + IR = O \qquad 8.29$$

$$\frac{dI}{dt} = -\frac{RI}{L}$$

$$\therefore \frac{dI}{I} = -\frac{R}{L}.dt$$

ಕಲನ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ $\log_\epsilon I = -\frac{R}{L}.t + K.$

ಮೇರೆ ನಿಬಂಧನೆಯ ಪ್ರಕಾರ $t = O$, $I = Io$.

$$\therefore \log_\epsilon I_o = K.$$

$$\log_\epsilon I - \log_\epsilon I_o = -\frac{R}{L}.t$$

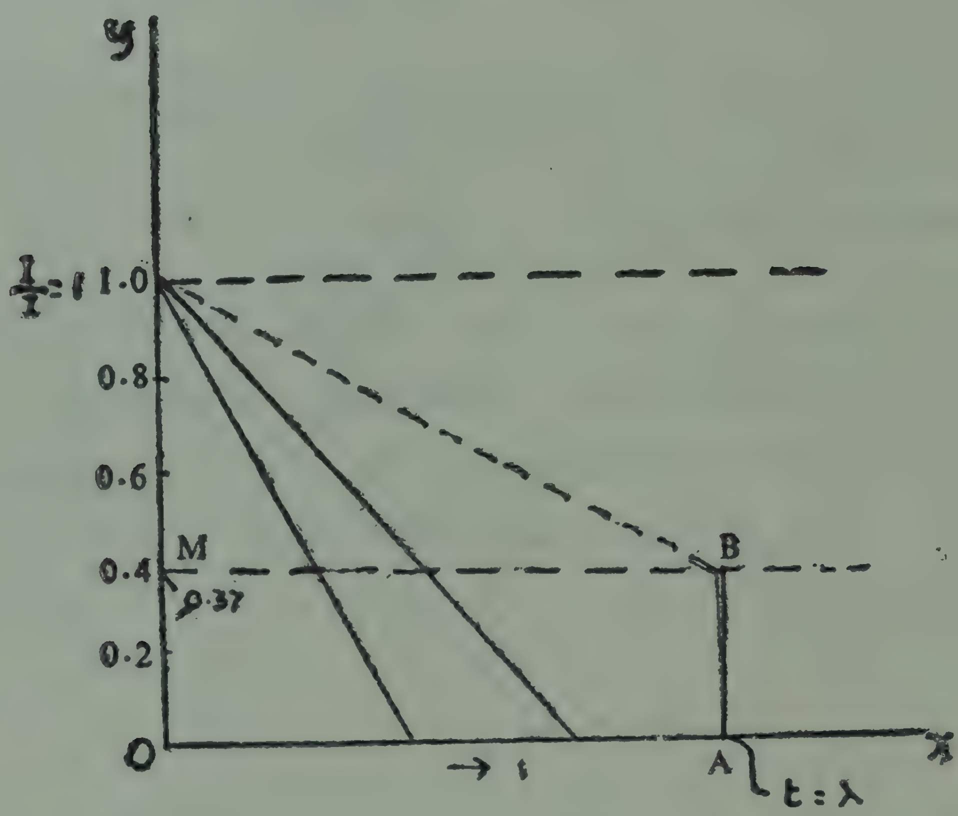
$$\frac{I}{I_o} = \epsilon^{-\frac{R}{L}.t}$$

$$\therefore I_o = I.\epsilon^{-\frac{R}{L}.t} = I_o.\epsilon^{-t/\lambda} \left(\lambda = \frac{L}{R}\right) \qquad 8.30$$

ಹಿಂದೆ ತೋರಿಸಿದಂತೆ $\lambda = \frac{L}{R} = 1$ ಆದರೆ, $I = \frac{Io}{\varepsilon}$

$$= 0.37\ Io \quad 8.31$$

ಇವುಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು



ಚಿತ್ರ 8.7 L-R ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕ್ಷಯ

ಇಲ್ಲಿ $\lambda = \frac{L}{R} = t$ ಆದಾಗ, $I = 0.4\ Io$ ಆಗುತ್ತದೆ.

8.6 ಮತ್ತು 8.7 ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿದರೆ,

$t = \frac{L}{R} = \lambda$ ಆದಾಗ,

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವೃದ್ಧಿಯಲ್ಲಿ $I = 0.63\ Io$ ಆಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕ್ಷಯದಲ್ಲಿ $I = 0.37 Io$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಎರಡು ಚಿತ್ರಗಳೂ, ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ತಲೆಕೆಳಗಾಗಿರುವಂತೆ (inverted) ಇದ್ದು ಪರಸ್ಪರ ಪೂರಕ (Complementary) ವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಸ್ವಪ್ರಚೋದನೆಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ e.m.f. ಪ್ರಮಾಣವು, ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಥಟಕ್ಕನೆ ಕಡಿದು ಹಾಕಿದಾಗ, ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಉದಾಹರಣೆಯಿಂದ ತೋರಿಸಬಹುದು.

10 ವೋಲ್ಟ್ E.M.F. ಇರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವನ್ನು ಕಬ್ಬಿಣದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ-ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ, ಅದರಲ್ಲಿ 2 ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಹರಿಯುತ್ತಿರಲಿ. ಇದನ್ನು ಕಡಿದುಹಾಕಿ, ಅದು $\frac{1}{10}$ ಸ್ಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಕ್ಷಯಿಸಿಹೋದರೆ $\frac{dI}{dt} = 2/\frac{1}{20} = 40$ ಮತ್ತು L = ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತದ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವವಾಗಿದ್ದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಕಡಿಯುವ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ e.m.f. $= L.\frac{dI}{dt}$ ಈಗ, ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಅಳತೆಗಳು ಹೀಗೆ ಇರಲಿ.

$\mu = 1000;$

$l = 50$ ಸೆಂ. ಮೀ.

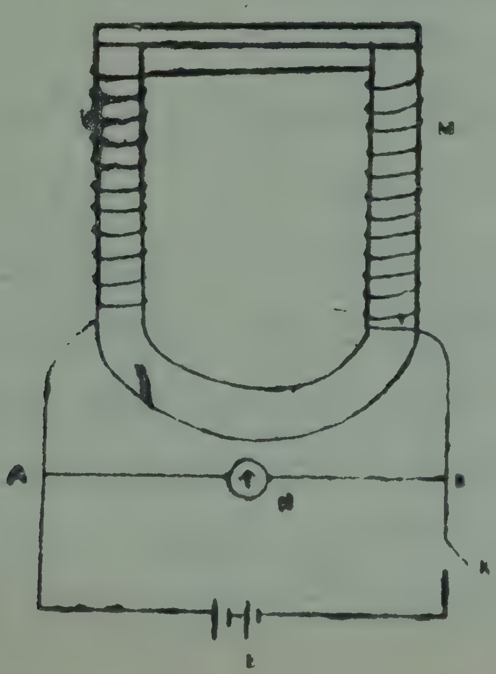
$\eta = 2000$

$A = 5$ ಚದರ ಸೆಂ. ಮೀ.

$$L = \frac{4\pi \cdot \eta^2 A.\mu}{l} \times \frac{1}{10^9} \text{ ಹೆನ್ರಿಗಳು}$$

$$= \frac{4.\pi.\ 2000^2.\ 5.\ 1000}{50} \times \frac{1}{10^9} \text{ ,,} \quad 5 \text{ ಹೆನ್ರಿಗಳು (ಸುಮಾರು)}$$

ಆದ್ದರಿಂದ ಚೋದಿತ e.m.f. $= L.\frac{dI}{dt} = 5 \times 40 = 200$ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಕಡಿದು ಹಾಕುವ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು e.m.f. (ಅದರ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ) $= 200 + 10 = 210$ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಿಂದ ತೋರಿಸಬಹುದು



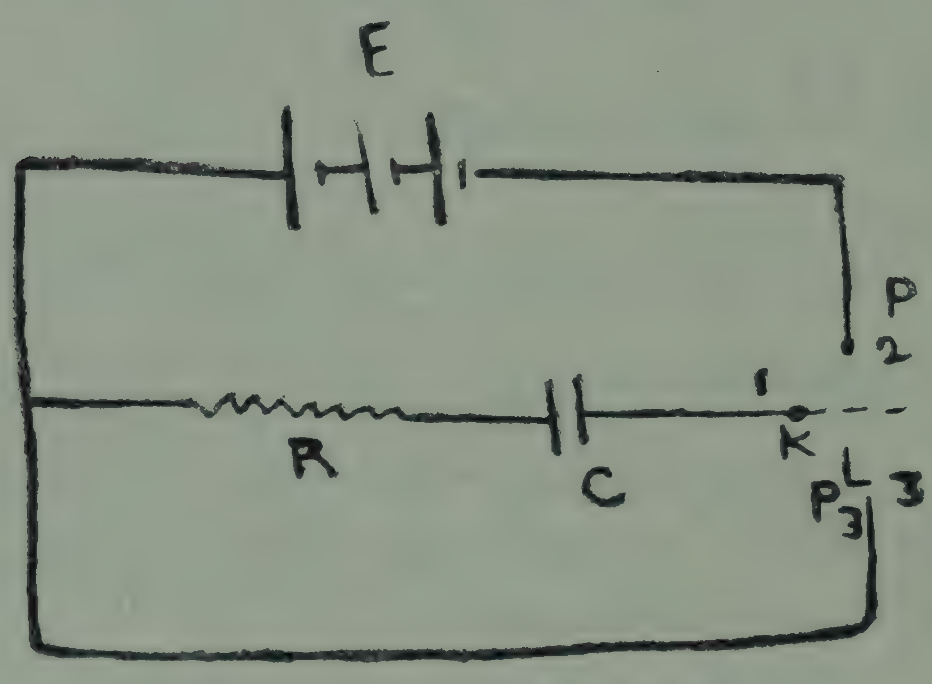
ಚಿತ್ರ 8.8 ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವದ ನಿದರ್ಶನ.

E ಎಂಬುದು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ (ಸುಮಾರು 12 ವೋಲ್ಟ್). M ಎಂಬುದು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತವಾಗಿದ್ದು ಇದರ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಅಡ್ಡ ಫಲಕದಿಂದ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದೆ. K ಎಂಬುದು ಒಂದು ಬೆಣೆ. ಇದನ್ನು ಮುಚ್ಚಿ M ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಿ. ಥಟಕ್ಕನೆ ಕಡಿದು ಹಾಕಿದರೆ, ಆ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ-ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತದ ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳಾದ A, B ಗಳ ನಡುವೆ. ಮೇಲಿನ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಸುಮಾರು 200 ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ e.m.f. ಪ್ರೇರಿತವಾಗಿ, ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ನಿಯಾನ್‌ದೀಪ (N) ವು ಕ್ಷಣಿಕವಾಗಿ ಉರಿಯುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

8.10 R–C ಮಂಡಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಮೂಲಕ ಪೂರಣ ಮತ್ತು ವಿಸರ್ಜನೆ

(Charge and discharge of a condenser through a resistance)

ಈ ವಿದ್ಯುತ್-ಮಂಡಲದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದ (8.9) ಇದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ E, ರೋಧ R ಮತ್ತು ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶ (C) ಗಳು ಶ್ರೇಣಿಯ



ಚಿತ್ರ 8.9 R-C ವಿದ್ಯುತ್-ಮಂಡಲ

ರೂಪದಲ್ಲಿ K ಬೆಣೆಯ ಮೂಲಕ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇದು ಒಂದು ತ್ರಿಮಾರ್ಗ ಬೆಣೆಯಂತೆ (Three-way key) ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. 1, 2 ಗಳು (K,P) ಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಿದಾಗ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿದು, C ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ವಿಧಾನವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. ಮೊದಲು C ಯ ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ನಿರೋಧಕ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ (di-electric) ಒಂದು ಪಲ್ಲಟ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಉತ್ಪನ್ನ (displacement current) ವಾಗುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ

ದಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಬರುತ್ತಿರುವಂತೆಯೇ, ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣವು ಹೆಚ್ಚು ಪೂರಣವನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿರೋಧ e.m.f. ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತ ಇರುವಾಗ, ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ (dielectric) ವಿದ್ಯುತ್ ಶೇಖರವಾಗುವುದರ ಜೊತೆಗೆ, ಅದರ ಮೂಲಕ ಪಲ್ಲಟ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವೂ ಹರಿಯುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಗ್ರಹಣಸಾಮರ್ಥ್ಯವು C ಆದರೆ, ಒಂದು ಸಮಯದಲ್ಲಿ (t) ಆಗಿರುವಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣವು Q ಆದರೆ,

ಇದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿರೋಧ e.m.f. $= \frac{Q}{C}$

ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಮೂಲ e.m.f. = E. C ಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಗ್ರಹ ವಾಗುತ್ತಿರುವಾಗ

$$E - \frac{Q}{C} = RI \quad \left(I = \frac{dQ}{dt}\right)$$

$$\therefore \quad R.I + \frac{Q}{C} = E \qquad 8.32$$

$$CR.\frac{dQ}{dt} + Q = CE$$

$$C.R.\frac{dQ}{dt} = (CE - Q)$$

$$\frac{dQ}{(CE-Q)} = \frac{dt}{CR}$$

ಇದನ್ನು ಕಲನ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿದರೆ

$$\int_O^Q \frac{dQ}{(CE-Q)} = \frac{1}{CR}\int_O^t dt$$

$$-\log_\epsilon (CE-Q) + K = \frac{t}{CR}$$

ಮೇರೆ ನಿಬಂಧನೆಯ ಪ್ರಕಾರ t = O, Q = O.

$$\therefore \quad K = \log_\epsilon CE$$

$$\log_\varepsilon CE - \log_\varepsilon (CE - Q) = \frac{t}{CR}$$

$$\frac{CE}{(CE - Q)} = \varepsilon^{t/CR}$$

$$(CE - Q) = C.E.\ \varepsilon^{-t/CR}$$

CE = Q_o = ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣದ ಉಚ್ಚ ಮಿತಿಯಾದರೆ, 8.33

$$(Q_o - Q) = Q_o \cdot \varepsilon^{-t/CR}$$

$$Q = Q_o \left(1 - \varepsilon^{-t/CR}\right) \qquad 8.34$$

C ಯ ಫಲಕಗಳ ನಡುವಣ P.D = $\frac{Q}{C} = \frac{Q_o}{C}\left(1 - \varepsilon^{-t/CR}\right)$ 8.35

ಮತ್ತು $I = \frac{dQ}{dt} = \frac{Q_o}{C} \cdot \varepsilon^{-t/CR} = Io.\ \varepsilon^{-t/CR}$ 8.36

$\lambda =$ CR ಆದರೆ,

$$I = I_o \cdot \varepsilon^{-t/CR}$$

$$Q = Q_o \left\{1 - \varepsilon^{-t/CR}\right\} \qquad 8.37$$

ಇಲ್ಲಿಯೂ t = ಸಂಗ್ರಹ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಕಾಲನಿಯತಾಂಕ. (Capacitative time Constant)

8.37 ಸಮೀಕರಣವಲ್ಲಿ λ = CR = t ಆದರೆ,

$$Q = Q_o \left\{1 - \varepsilon^{-1}\right\} = 0.63\ Qo. \qquad 8.38$$

8.23 ಮತ್ತು 8.37 ಸಮೀಕರಣಗಳು ಒಂದೇ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಹಾಗೆಯೇ 8.20 (a) ಮತ್ತು 8.38 ಸಮೀಕರಣಗಳು ಹೋಲಿಕೆಯನ್ನು

ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಇಷ್ಟೇ LR ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ: ಸಮೀಕರಣ ದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ (I) ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುತ್ತೇವೆ ಮತ್ತು $\lambda = \frac{L}{R}$

C-R ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ: ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪೂರಣ (Q) ವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುತ್ತೇವೆ. ಅಂದರೆ Iಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಇಲ್ಲಿ Q ಇರುತ್ತದೆ.

ಮತ್ತು $\lambda = RC$ ಅಂದರೆ ಇಲ್ಲಿ L/R ಗೆ ಬದಲಾಗಿ, RC ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ, Q-t ಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧರೇಖೆಯು, R ಕಡಮೆಯಾಗಿದ್ದಾಗ, Q_o ಮಿತಿಯನ್ನು ಬೇಗ ತಲಪುತ್ತದೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ-R ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಾಗ, ಇದು ನಿಧಾನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಯಿಂದ ತೋರಿಸಬಹುದು. $C = 1\mu F$; $R = 10^6$ ಓಂ; $RC = t = 1$ ಸೆಕೆಂಡ್ ಈ ಕಾಲದಲ್ಲಿ $Q = 0.63\ Q_o$ ಆಗುತ್ತದೆ $C = 1\mu\ F$; $R = 10^3$ ಓಂ; $RC = t = \frac{1}{1000}$ ಸೆಕೆಂಡ್ ಈ ಕಾಲದಲ್ಲಿ $Q = 0.63\ Q_o$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಈಗ, ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದಿಂದ ಬರುವ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗವು, R ರೋಧದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣದ ರೂಪ ದಲ್ಲಿ ನಾಶವಾಗುವುದಕ್ಕೂ ಮತ್ತೊಂದು ಭಾಗವು ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದಲ್ಲಿ ಶೇಖರ ವಾಗುವುದಕ್ಕೂ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

R ರೋಧವನ್ನು ಕಾಯಿಸಲು ಉಪಯೋಗವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯು w, ಆದರೆ

$$W_1 = \int_0^{\infty} RI^2\, dt = R \int_0^{\infty} I_0^2\, \varepsilon^{-2t/CR}\, dt = \frac{1}{2} C I_0^2 R^2 = \frac{1}{2} CE^2 =$$

ಸಂಗ್ರಹ $[E = I_o R]$ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗುವ ಶಕ್ತಿ 8.36

ಅಂದರೆ, ಅರ್ಧಭಾಗವು R ಮೂಲಕ ನಾಶವಾಗಿ, ಉಳಿದ ಅರ್ಧ ಭಾಗವು Cಯಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

(b) **ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದಿಂದ ರೋಧದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆ** (Discharge)

ಈಗ ಚಿತ್ರ (8·8) ದಲ್ಲಿ KP (1,2) ಗಳನ್ನು ಕಡಿದು, KP' (1,3) ಗಳನ್ನು ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದರೆ, [ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ E ಇರುವುದಿಲ್ಲ], C ಯಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ R ಮೂಲಕ ವಿಸರ್ಜಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾಲವಿಲಂಬವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ t ಎಂಬ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಮಯದಲ್ಲಿ

$$\frac{Q}{C} + RI = O; \quad I = \frac{dQ}{dt} \qquad 8\ 40$$

$$\therefore \quad \frac{Q}{C} = -R.\frac{dQ}{dt}$$

$$\frac{dQ}{Q} = -\frac{dt}{CR}$$

$$\int \frac{dQ}{Q} = -\int \frac{dt}{CR}$$

$$\log_{\varepsilon} Q + K = - t/CR$$

$$t = O; \quad Q = Qo$$

$$K = -\log_{\varepsilon} Qo$$

$$\therefore \quad \frac{Q}{Qo} = \varepsilon^{-t/CR.}$$

Cಯ ಫಲಕಗಳ ನಡುವಣ PD $= \dfrac{Q}{C}$ 8.41

$$\therefore \quad \frac{Q}{C} = \frac{Qo}{C} . \varepsilon^{-t/CR} = \frac{Qo}{C} . \varepsilon^{-t/\lambda}$$

ಇಲ್ಲಿಯು ೂ $\lambda = CR = t$ ಆದಾಗ,

$$Q = Qo\varepsilon^{-1} = \frac{Qo}{\varepsilon} = 0.37Qo \qquad 8.42$$

I = ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಆದರೆ

$$I = \frac{dQ}{dt} = Qo\frac{d}{dt}\left(.\varepsilon^{-t/CR}\right) = -\frac{Qo}{CR} .\varepsilon^{-t/CR}$$

$V = \dfrac{Qo}{C} \quad \therefore \quad \dfrac{Qo}{RC} = \dfrac{V}{R} = Io$ (ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಉಚ್ಚ ಮಿತಿ)

$\therefore \quad I = -Io.\,\varepsilon^{-t/CR}$ (ವಿಸರ್ಜನೆಯ ಕಾಲದಲ್ಲಿ) 8.43

8.36 ಮತ್ತು 8.37 ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಇವೆರಡೂ ಒಂದೇ ರೂಪವಾಗಿದ್ದರೂ, ಒಂದರಲ್ಲಿ + ಮತ್ತೊಂದರಲ್ಲಿ - ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, $t=O$ ಆಗಿರುವಾಗ ಮಾತ್ರ $I=Io$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವೇಳೆಯಲ್ಲಿ (t), R ರೋಧದ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ $P.D = V_R$ ಆಗಿಯೂ, C ಯ ಫಲಗಳನಡುವೆ P – Dಯು V_c ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ, ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ, $V_R = IR = V\varepsilon^{-t/CR}$

$$V_c = \frac{Q}{C} = \frac{Q_o}{C}\varepsilon^{-t/CR} = V\varepsilon^{-t/CR}$$ ಆಗಿದ್ದು ಒಂದನ್ನು ಒಂದು ಸಮವಾಗಿದ್ದರೂ ವಿರೋಧಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತವಾಗಿರುವ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವು R ರೋಧದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ, ಅದರ ವಿದ್ಯುತ್ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುವುದನ್ನು

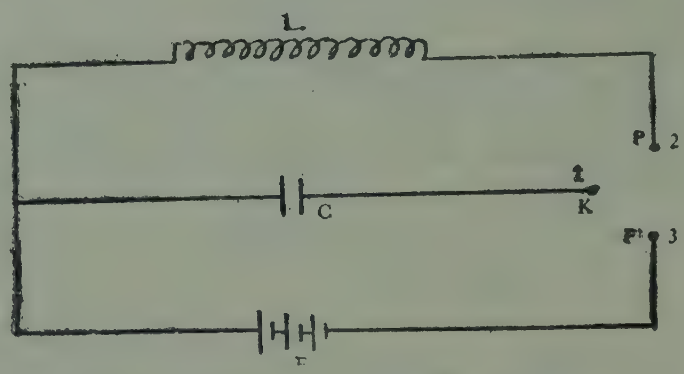
$$Q = Q_o \cdot \varepsilon^{-t/CR}$$ ಸಮೀಕರಣವನ್ನೂ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

ಈಗ, Q, Q_o ಗಳನ್ನು ಒಂದು ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪಕ ಮಾದರಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಅವುಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ, Q, Q_o t, C ಗಳು ಗೊತ್ತಾಗಿರುವುದರಿಂದ R ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರಮಾಣವು ಮೆಗ್ ಓಂ (10^6) ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಆರನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿಶದವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

8·11 L. C. ಮಂಡಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದಿಂದ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕ ಸುರುಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿಸರ್ಜನೆ (Dlscharge of a condenser through an Inductance)

E. L. C ಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದ ರಚನೆಯು ಚಿತ್ರವನ್ನು (8·9) ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇಲ್ಲಿ L ಮಾತ್ರ ಇದ್ದು, ಅದರ ರೋಧವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಮೊದಲು (K, P^1) (1, 3) ಗಳನ್ನು ದೂತ್ರ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸುವುದರಿಂದ C ಸಂಗ್ರಹಕೋಶವು ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಾದ ನಂತರ, K P (1, 2) ಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಿದರೆ, ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ E ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ. C ಯಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗಿರುವ

ವಿದ್ಯುತ್ ಅದರ ಒಂದು ಫಲಕದಿಂದ, L ಮುಖಾಂತರ ಮತ್ತೊಂದು ಫಲಕಕ್ಕೆ ಹರಿಯಲು ಆರಂಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ L ನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ



ಚಿತ್ರ 8.10 L-C ವಿದ್ಯುತ್-ಮಂಡಲ

ಹೋಗಿ, ಅದರ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿರೋಧ e. m. f. ಪ್ರೇರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವೃದ್ಧಿಗೆ ಕಡೆಯಾಂಟಾದರೂ. ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಅದು ಒಂದು ಉಚ್ಚ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಆಗ್ಗೆ ಪ್ರೇರಿತ e.m.f. =0 ಆಗಿ, C ಯ ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆಯೂ, ಕಿರ್ಚಾಫ್ ನಿಯಮದಿಂದ, e. m. f. = 0 ಆಗಬೇಕು, L ನಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಅದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಗರಿಷ್ಠ (maximum) ವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, Cಯ ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. Cಯಲ್ಲಿ ಮೊದಲು ಶೇಖರವಾಗಿದ್ದ ಶಕ್ತಿಯು $\frac{1}{2}CV^2$ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಈಗ ಅದು ಶೂನ್ಯವಾಗಿ ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ L ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಂಡು ಅದರ ಪ್ರಮಾಣವು $\frac{1}{2} L I^2$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಿದ್ದರೂ, Cಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಎಡಗಡೆಯಿಂದ ಬಲಗಡೆ (ಫಲಕಕ್ಕೆ) ಹರಿಯುತ್ತಲೇ ಇರುವುದರಿಂದ, Cಯ ಫಲಕಗಳ ನಡುವಣ P. D.ಯು ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗುವಾಗ, Lನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತ, ಸ್ವಪ್ರಚೋದನೆಯಿಂದ ಪ್ರೇರಿತವಾದ e.m.f.ದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಇಳಿಯುತ್ತಿರುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ತಡೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ Lನಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗಿದ್ದ ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿಯು ಪರಿವರ್ತನೆಹೊಂದಿ Cಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಪೂರ್ವದ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತದೆ. ಅಷ್ಟಕ್ಕೆ ನಿಲ್ಲದೆ, ಮತ್ತೆ ಆವರ್ತ ರೂಪದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಕಾಂತೀಯಶಕ್ತಿಗೂ, ಕಾಂತೀಯಶಕ್ತಿಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಗೂ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ಸಾಗುತ್ತಲೇ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ವಿಸರ್ಜನೆಯನ್ನು ಆಂದೋಳಕ ವಿಸರ್ಜನೆ (Oscillatory discharge) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ರೋಧವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿದ್ದರೆ (R = O) ಈ ಆಂದೋಳನಗಳ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು amplitude)

ನಿಯತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. R ಇದ್ದರೆ, ಅದರ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗದ ಶಕ್ತಿಯು ಉಷ್ಣವಾಗಿ ನಶಿಸಿಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆಗ. ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು ಕುಗ್ಗುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು; ಈಗ, ಈ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಸಮೀಕರಣದ ಮೂಲಕ ಸಾಧಿಸಬಹುದು.

K,P ಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಲು ಆರಂಭಿಸಿದಾಗ $t=O$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಇದಾದನಂತರ t ಎಂಬ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಮಯದಲ್ಲಿ L ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು I ಆಗಿರಲಿ ಇದರಿಂದ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ ವಿರೋಧ e.m.f. $= -L \dfrac{dI}{dt}$. ಈಗ E ಸಂಪರ್ಕದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ, Cಯ ಫಲಕಗಳ ನಡುವಣ e.m.f. $= \dfrac{Q}{C}$ ಆದರೆ. ಇವೆರಡೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು.

$$\therefore \quad \frac{Q}{C} = -L.\ \frac{dI}{dt}; \quad \left[I = \frac{dQ}{dt}, \quad \frac{dI}{dt} = \frac{d^2Q}{dt^2} \right]$$

$$\therefore \quad \frac{Q}{C} + L.\ \frac{d^2Q}{dt^2} = O \qquad 8.43$$

ಅಥವಾ, $$\frac{d^2Q}{dt^2} + \frac{Q}{CL} = O \qquad 8.44$$

ಇದನ್ನು ಸರಳ ಸಂಗತ ಚಲನೆ S.H.M. ರೂಪದ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ,

$$\frac{d^2x}{dt^2} + p^2x = O \qquad 8.45$$

8.44 ಕೂಡ ಒಂದು S.H.M. ರೂಪದ ಆಂದೋಳನಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಆವರ್ತಕಾಲ $T = \dfrac{2\pi}{p}$ 8.46

$$\therefore \quad p^2 = \frac{1}{CL};\ T = 2\pi\sqrt{LC}.;\quad p = \sqrt{\frac{1}{CL.}} \qquad 8.47$$

ಈ ಆಂದೋಳನದ ಸಮೀಕರಣದ ರೂಪವು

$Q = A \operatorname{Sin}(pt+\theta)$ ಆಗಿರಬೇಕು. $(p = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$

$t = 0$ ಆಗಿರುವಾಗ $Q = Q_o$ ಆಗಿರಲಿ $Q_o = A \sin \theta$.

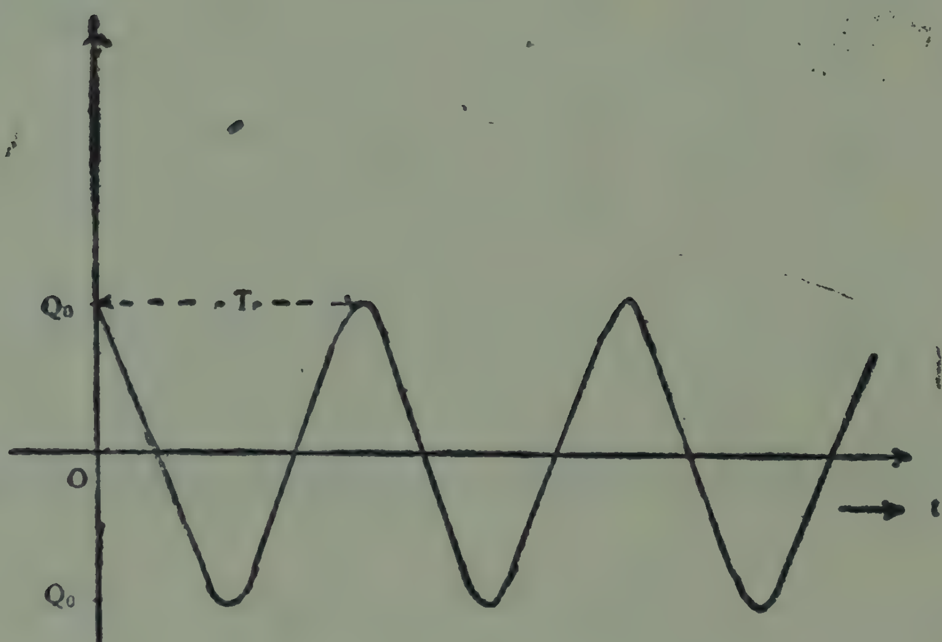
Q_o = ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಮೌಲ್ಯವಾಗಿರಬೇಕು.

$\theta = \pi/2$ ಆದರೆ, $A = Q_o$ ಆಗಿ ಅತ್ಯುಚ್ಚವಾಗುತ್ತದೆ.

$$\therefore \quad Q = Q_o \sin\left(pt + \frac{\pi}{2}\right)$$

ಇಲ್ಲಿ $p = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$$\therefore \quad Q = Q_o \sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}} + \pi/2\right)$$



ಚಿತ್ರ 8.11 ಆದೋಳಕ (S.H.M.) ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆ

ಇದರಿಂದ Q, $+Q_o$ ಇಂದ $-Q_o$ ಗೆ ಆವರ್ತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಆವರ್ತಕಾಲವು $T = 2\pi\sqrt{LC}$

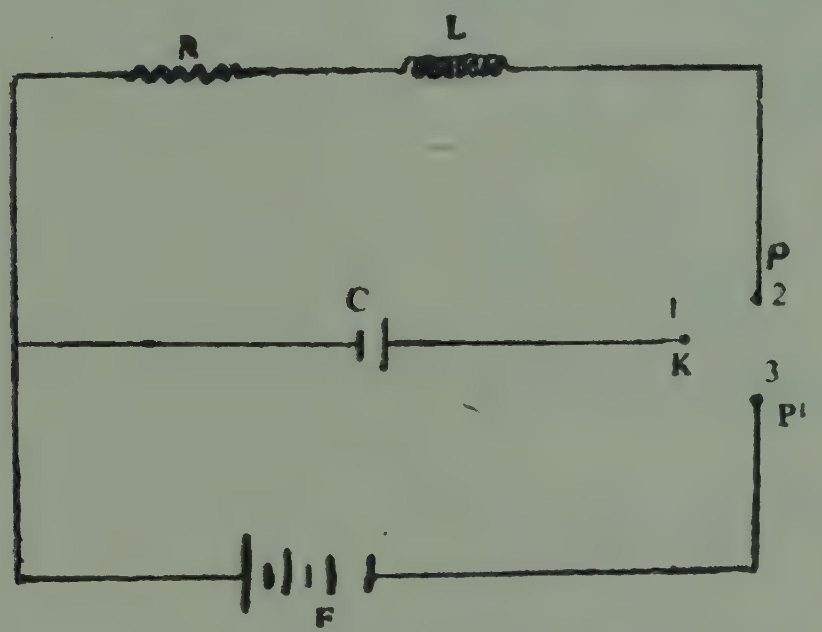
n ಎಂಬುದು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ಆದರೆ $n = 1/T$

$$n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad 8{\cdot}49$$

ಇದನ್ನು ಮಂಡಲದ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ (natural frequency) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

8·12 L-R-C ಮಂಡಲ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದಿಂದ, R ಮತ್ತು L ಗಳ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆ

ಇದುವರೆವಿಗೂ L, R, C ಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಎರಡನ್ನು ಮಾತ್ರ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡಿದ್ದೆವು. ಈಗ, ಈ ಮೂರು ಅಂಗಗಳೂ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಇರುವಾಗ ಮಂಡಲದ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯು ಹೇಗೆ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನೂ ಚಿತ್ರ (8·11) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದು ಚಿತ್ರ



ಚಿತ್ರ 8.12 L-R-C ಮಂಡಲ

(8·10) ದಂತೆಯೇ ಇದ್ದು, ಜೊತೆಗೆ R ಎಂಬ ರೋಧವನ್ನು ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸುತ್ತದೆ, ಮೊದಲು K_1P^1 (1, 3) ಗಳನ್ನು ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದರೆ, E ಕೋಶದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವುಂಟಾಗಿ, ಆ ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು ಶೇಖರವಾಗುತ್ತದೆ. ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲಾ ನಂತರ, ಇದರಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣವು Q_0 ಆಗಿರಲಿ. ಆಗ K_1P^1 ಗಳನ್ನು ಬಿಡಿಸಿ, K, P, (1, 2) ಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಬಂಧಿಸಿದರೆ, C ಯಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ (ಅಂಶ) ವು R, L ಗಳ ಮೂಲಕ ವಿಸರ್ಜನೆ (Discharge) ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ E ಇರುವುದಿಲ್ಲವಾದುದರಿಂದ, ಇದರ ಸಮೀಕರಣವು ಹೀಗೆ ಇರುತ್ತದೆ.

$$L.\frac{dI}{dt} + IR + Q/C = O. \qquad 8.50$$

$$I = \frac{dQ}{dt} ; \quad \frac{dI}{dt} = \frac{d^2Q}{dt^2} ; \text{ ಆಗುವುದರಿಂದ} \qquad 8.51$$

$$L.\frac{d^2Q}{dt^2} + R.\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = O$$

ಅಥವಾ, $\frac{d^2Q}{dt^2} + \frac{R}{L} \cdot \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{LC} = O.$

$$\frac{R}{L} = 2K; \quad \frac{1}{LC} = p^2 \text{ ಆದರೆ,} \qquad 8.52$$

$$\frac{d^2Q}{dt^2} + 2K \cdot \frac{dQ}{dt} + p^2Q = O. \qquad 8.53$$

ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು, $Q = \varepsilon^{\alpha t}$ ಎಂದು ಬರೆಯೋಣ

ಆಗ, $\frac{dQ}{dt} = \alpha \varepsilon^{\alpha t} : \frac{d^2Q}{dt^2} = p^2.\varepsilon^{\alpha t}.$

ಇವನ್ನು ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದರೆ

$$\alpha^2.\varepsilon^{\alpha t} + 2K\,\alpha.\varepsilon^{\alpha t} + p^2.\varepsilon^{\alpha t} = \theta.$$

$$\alpha^2 + 2K\alpha + p^2 = O.$$

ಇದರಲ್ಲಿ αಗೆ ಎರಡು ವರ್ಗ ಮೂಲಗಳಿದ್ದು (roots)

$$\alpha = \frac{-2K \pm \sqrt{4K^2 - 4p^2}}{2} = -K \pm \sqrt{K^2 - p^2}.$$

ಇದನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದರೆ,

$$Q = A\varepsilon^{(-K+\sqrt{K^2-p^2})t} + B\varepsilon^{(-K-\sqrt{K^2-p^2})t} \text{ ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು}$$

$$= \varepsilon^{-Kt}\left(A\varepsilon^{+\sqrt{K^2p^2}\,t} + B\varepsilon^{-\sqrt{K^2-p^2}.t}\right)$$

$$= \varepsilon^{-Kt}\left(A\varepsilon^{\omega t} + B\varepsilon^{-\omega t}\right) \text{ ಇಲ್ಲಿ } \omega = \sqrt{K^2-p^2};$$

A.B ನಿಯತಾಂಕಗಳು. 8.54

ಈಗ ಮೇರೆ ನಿಬಂಧನೆಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದರೆ; $t=O$; $Q=Q_0$:$(A+B)=Q_0$ 8.55

ಮತ್ತು $t = o$ ಆದಾಗ, $I = \frac{dQ}{dt} = O.$

$$\therefore \frac{dQ}{dt} = \varepsilon^{-Kt}\left(\omega A\, \varepsilon^{\omega t} - \omega B.\varepsilon^{-\omega t}\right) - K\varepsilon^{-Kt}\left(A\varepsilon^{\omega t} + B\varepsilon^{-\omega t}\right)$$

$t = O;\ dQ/dt = O$ ಆಗುವುದರಿಂದ

$\therefore \quad \left(A - B\right) = \frac{K}{\omega} Q_o$ ಆಗುತ್ತದೆ. 8.56

$\therefore \quad 2A = Q_o + \frac{Q_o K}{\omega};\ A = \frac{Q_o}{2}\left(2 + \frac{K}{\omega}\right)$ 8.57

ಮತ್ತು $B = \frac{Q_o}{2}\left(1 - K/\omega\right)$ ಆಗುತ್ತವೆ 8.58

8.54 ಸಮೀಕರಣದ ರೂಪವು ಹೀಗಾಗುತ್ತದೆ.

$$Q = \varepsilon^{-kt}\left[\frac{Qo}{2}\left(1 + \frac{k}{\omega}\right)\varepsilon^{\omega t} + \frac{Qo}{2}\left(1 - \frac{\omega}{k}\right)\varepsilon^{-\omega t}\right]$$

ಇದನ್ನು ಸರಳರೂಪಕ್ಕೆ ತಂದರೆ

$$Q = \left[\left(1 + \frac{k}{\omega}\right)\varepsilon^{-(k+)\omega t} + \left(1 - \frac{k}{\omega}\right)\varepsilon^{(-k-\omega)t}\right]$$

ಇದರಲ್ಲಿ k ಮತ್ತು ω ಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ,

$$k = \frac{R}{2L};\quad \omega^2 = \left(k^2 - p^2\right);\ = \omega\sqrt{k^2 - p^2}$$

ಅಥವಾ $\omega = \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}$ ಎಂದು ಬರೆದರೆ

$$Q = \frac{Qo}{2}\left[\left(1 + \frac{R/2L}{\sqrt{\frac{R^2}{4L2} - \frac{1}{LC}}}\right)\varepsilon^{\left(-\frac{R}{2L} + \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}\right)t}\right.$$

$$+\left(1-\frac{\frac{R}{2L}}{\sqrt{R/4L^2-\frac{1}{LC}}}\right)\left(+\frac{R}{2L}-\sqrt{R^2/4L^2-1LC}\right)^t\Bigg] \quad 8.59$$

ಇದರಲ್ಲಿ ಮೂರು ಸಂದರ್ಭಗಳು (Threecases) ಒದಗುತ್ತದೆ.

(i) $\frac{1}{LC}<\frac{R^2}{4L^2}$ ಆದರೆ $\sqrt{\frac{R^2}{4L^2}-\frac{1}{LC}}$ ವರ್ಗ ಮೂಲಗಳು ಸತ್ಯ (Real Roots) ವಾಗುತ್ತವೆ ಆದ್ದರಿಂದ (Q) ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಇಳಿಯುತ್ತ ಹೋಗಿ, ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ರೂಪ (Continuous) ವನ್ನು ತಾಳುತ್ತದೆ. ಇದು ಆಂದೋಳಕವಲ್ಲ, ಆದರೆ, ಕ್ಷಿಪ್ರಸ್ಥಂಭ. (dead-beat) ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (8.12) (1) ರೇಖೆಯು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತದೆ.

(ii) $\frac{1}{LC}=\frac{R^2}{4L^2}$

ಆಗ, $Q=Q_0.\,\varepsilon^{-\frac{Rt}{2L}}$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇದನ್ನು ಉತ್ಕಟ ತಡೆ (Critical damping) ಯ ರೂಪವೆಂದು 8.60 ಕರೆಯುಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 8.12 ದಲ್ಲಿ (2) ರೇಖೆಯು ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. ಆಂದೋಳನಗಳಿಲ್ಲದೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯದ ಕಡೆಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಆವರ್ತಕ (a periodic) ಎಂದು ಕರೆಯುಬಹದು. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯು ಬರಬೇಕಾದರೆ,

$$R^2=\frac{4L^2}{LC}=\frac{4L}{C} \text{ ಆಗಬೇಕು (ಇದು ಉಚ್ಚ ಮಿತಿ)} \quad 8.61$$

ಇದಕ್ಕಿಂತ R ಹೆಚ್ಚಾದರೆ, ie, $R^2>\frac{4L}{C}$ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ

(iii) $\frac{1}{LC}>\frac{R^2}{4L^2}$ ಆದರೆ, $R^2<\frac{4L}{C}$

ಹೀಗಾದರೆ, ಎರಡು ವರ್ಗಮೂಲಗಳೂ ಮಿಥ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ (imaginary roots) ಆಗ, ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಆಂದೋಳನದ ರೂಪವನ್ನು (oscillatory) ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಇದರ ಕಂಪನವೈಶಾಲ್ಯವು ಕುಗ್ಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

ಇದನ್ನು ಹೀಗೆ ತೋರಿಸಬಹುದು

8.55 ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ,

$p^2 > K^2$ ಆಗಿ, $(K^2 - p^2) = \omega^2 = -$ ve ಆಗುತ್ತದೆ.

$(K^2 - p^2) = \omega^2 = j^2 \times m^2 \; (j^2 = -1; \; j = \sqrt{-1})$

ಆದರೆ, $\omega = jm$ 8.61

8.54 ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯುಬಹುದು

$$Q = \varepsilon^{-Kt}\left[A\varepsilon^{jmt} + B\varepsilon^{-jmt}\right]$$

$$= \varepsilon^{-Kt}\left[(A+B)\cos mt + j(A-B)\sin mt\right]$$

ಆದರೆ, $(A+B) = Q_0$ (8.55)

$$(A-B) = \frac{K}{\omega} . Q_0 \quad (8.56)$$

$$\therefore \quad Q = \varepsilon^{-Kt}\left[Q_0 \cos mt + \frac{Q_0\, jk}{\omega} \sin mt\right]$$

$$= Q_0 . \varepsilon^{-Kt}\left[\cos mt + \frac{jk-}{jm} \cdot \sin mt\right]$$

$$= Q_0\, \varepsilon^{-Kt}\left[\cos mt + \frac{K}{m} \sin mt\right]$$

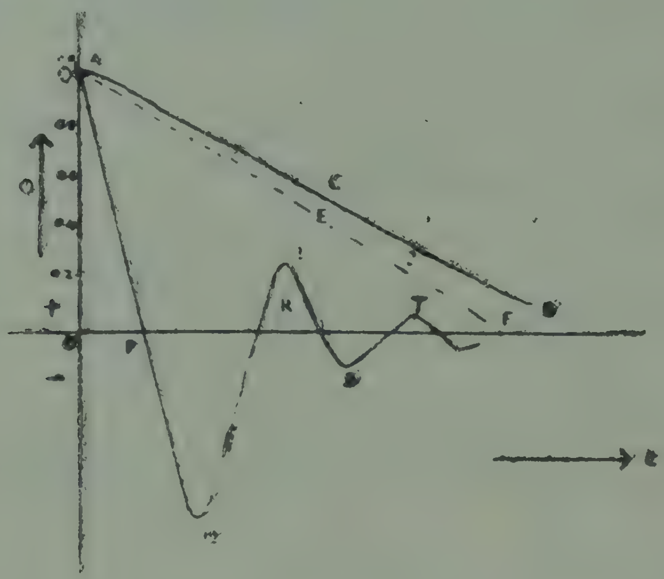
$$= Q_0\, \varepsilon.^{-Kt} (\sin mt + \alpha) \qquad 8.62$$

ಇಲ್ಲಿ $\tan a = \frac{m}{K}$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ, $\tan \alpha = \frac{2L}{R}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} = \sqrt{\frac{4L}{R^2C} - 1}$ 8.63

8.62 ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ, ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಆಂದೋಳನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ 8.12 ರೇಖೆ (3) ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ

ಕಂಡುಬರುವಂತೆ, ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು ಕ್ರಮೇಣ ಕುಗ್ಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ತಡೆಹಿಡಿದ S.H.M. (ಅಥವಾ damped S.H.M.) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ಮೂರು ಮಾದರಿಯ ವಿಸರ್ಜನೆಯ ರೂಪಗಳನ್ನೂ ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 8.13 L. R. C. ಮಂಡಲ ರೇಖೆಗಳು

ಇದುವರೆವಿಗೂ ವಿವರಿಸಿದಂತೆ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಮೂರು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಾಣಬಹುದು.

1. ACD ರೇಖೆ $\left(R^2 > \frac{4L}{C}\right)$

$\frac{1}{LC} < \frac{R^2}{4L^2}$; ಇದು ಕ್ಷಿಪ್ರಸ್ತಂಭ ರೀತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. (Dead beat)

2. AEF ರೇಖೆ (2)

$$\frac{1}{LC} = \frac{R^2}{4L^2} \quad Q = Q_0 \cdot \varepsilon^{\frac{-Rt}{2L}} ; \left(R^2 = \frac{4L}{C}\right)$$

ಇದು ಉತ್ಕಟ ತಡೆಹಿಡಿದ ವಿಸರ್ಜನೆ (critically damped). ಇದಕ್ಕೆ ನಿಬಂಧನೆಯೇನೆಂದರೆ,

$$R^2 = \frac{4L}{C}$$

ಆಂದೋಳನವಿಲ್ಲದೆ, ಶೂನ್ಯದ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ.

3. APQRST ರೇಖೆ (3)

$$\frac{1}{LC} > \frac{R^2}{4L^2} \qquad R^2 < \frac{4L}{C}$$

ಇದು ಆಂದೋಳಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. S.H.M. ಮಾದರಿಯಾದರೂ, ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು ಇಳಿಯುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

$$Q = Q_0 . \varepsilon^{\frac{-Rt}{2L}} \cos(mt + a)$$

$$\tan a = \sqrt{\frac{4L}{R^2C} - 1}$$

ಇದು S.H.M. ಮಾದರಿಯಿದ್ದು ಇದರ ಆವರ್ತಕಾಲವು T ಆದರೆ,

$$T = \frac{2\pi}{m} = \frac{2\pi}{\sqrt{p^2 - K^2}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R2}{4L^2}}} \qquad 8.64$$

n = ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ = $\frac{1}{T}$ ಆದರೆ,

$$n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R2}{4L^2}} \qquad 8.65$$

R = O ಆದರೆ,

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \qquad 8.66$$

$$n = \frac{}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad 8.67$$

ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಉದಾಹರಣೆಯಿಂದ ಈ ಅಂಶಗಳನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸಬಹುದು.

(1) ಒಂದು ಆಂದೋಳಕ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ L = 0.2 ಹೆನ್ರಿ; C = 10μ F. ಹೀಗಿದ್ದರೆ, ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಆಂದೋಳನಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕಾದರೆ, ರೋಧದ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಮೌಲ್ಯ ಯಾವುದು ?

$$R^2_{max} = \frac{4L}{C}$$

ಇಲ್ಲಿ L = 0.2 ಹೆನ್ರಿ, C = 10×10^{-6} ಫ್ಯಾರಡ್

$$R^2 = \frac{4 \times 0.2}{10 \times 10^{-6}} = 8 \times 10^{+4}$$

R = 2.8×10^2 = 280 ಓಂಗಳು

(2) 0.25 μF ಸಂಗ್ರಹ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಒಂದು ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವನ್ನು 1/10 ಹೆನ್ರಿ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವದ ಸುರಳಿ ಮತ್ತು 100 ಓಂ ರೋಧದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಆಂದೋಳಕವೆ ? ಹಾಗಾದರೆ, ಅದರ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯೇನು ?

ಇಲ್ಲಿ $L = \frac{1}{10}$ ಹೆನ್ರಿ.
$C = 0.25 \times 10^{-6}$ ಫ್ಯಾರಡ್

$$\frac{1}{LC} = \frac{1}{0.1 \times 25 \times 10^{-6}} = 4 \times 10^{+7}$$

R = 100 ಓಂ.

$$\frac{R^2}{4L^2} = \frac{100 \times 100}{4 \times (0.1)^2} = 25 \times 10^4$$

$\frac{1}{LC} > \frac{R^2}{4L^2}$ ಆದ್ದರಿಂದ ವಿಸರ್ಜನೆಯು ಆಂದೋಳಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

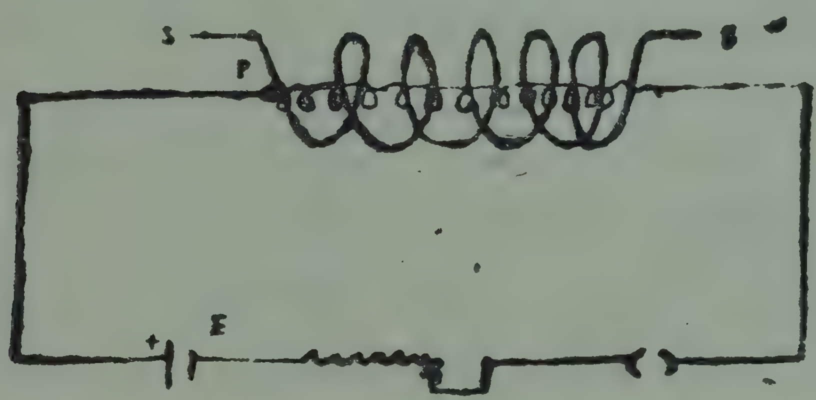
$$\text{ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ} = n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

$$= \frac{1}{2\pi}\sqrt{4 \times 10^7 - 25 \times 10^4}$$

= **1004 (ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ)**

8.33 ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಚೋದಕತ್ವದ ಗುಣಾಂಕ (Coefiicient of Mutual Induction)

ಚಿತ್ರ (8.3) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, P, S ಎಂಬ ಎರಡು ಸುರಳಿಗಳಿದ್ದು. P ಸುರಳಿಯನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿ, ಅದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋದಂತೆ, ಅದರ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುವ S ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪ್ರೇರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ Pಎಂಬು



ಚಿತ್ರ 8.14 ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಚೋದನೆಯ ಗುಣಾಂಕ

ದನ್ನು ಪ್ರಥಮ ಸುರುಳಿಯೆಂದೂ S ಅನ್ನು ದ್ವಿತೀಯ ಸುರಳಿ ಎಂದು ಕರೆಯುವುದು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ.

P ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ i_p = ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಾಗಿದ್ದು,

$\frac{di_p}{dt}$ = ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಏರಿಳಿಯ ದರ ಆದರೆ.

S ಸುರುಳಿಯ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ e.m.f.e_s ಆದರೆ

$$e_s = -M. \frac{di_p}{dt.} \quad \text{(8.13 ಸಮೀಕರಣ)}$$

ಇಲ್ಲಿ= M = ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಚೋದಕತ್ವ ಅಥವಾ ಪ್ರಚೋದಕ ಗುಣಾಂಕ (Mutual Inductance or Coefiicient of Mutual Induction). –ve ಚಿಹ್ನೆಯ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ P ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏರುತ್ತ ಇರುವಾಗ $\left(\frac{dip}{dt} = +\right) e_s$ ಋಣಚಿಹ್ನವಾಗಿದ್ದು, ಅದನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುತ್ತದೆ.

$$\therefore M = \frac{e_s}{\frac{dip}{dt}} = \frac{\text{ದ್ವಿತೀಯ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತ e.m.f.}}{\text{ಪ್ರಥಮ ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಬದಲಾವಣೆಯ ದರ}} \quad 8.68$$

M.K.S ಮಾನದಲ್ಲಿ ಇದರ ಏಕಮಾನವು 1 ಹೆನ್ರಿ,

$$\text{I ಹೆನ್ರಿ} = \frac{\text{ದ್ವಿತೀಯ ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತ e.m.f.} = 1\text{ವೋಲ್ಟ್}}{\text{ಪ್ರಥಮ ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಬದಲಾವಣೆಯ ದರ}}$$

$$= \frac{10^8 \text{ e.m.u. ಮಾನಗಳ e.m.f.}}{10^{-1} \text{ e.m.u ಮಾನದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ 1 ಸೆಕೆಂಡ್}}$$

$$= 10^9 \text{ e.m.u.}$$

ಇದನ್ನು ಹಿಂದೆಯೇ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈಗ P ಎಂಬುದು 8.13 (b) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಒಂದು ಸೊಲಿನಾಯ್ಡ್ ಆಗಿರಲಿ. ಇದರ ಅಕ್ಷದಲ್ಲೇ ಇರುವಂತೆ S ಎಂಬುದು ಮತ್ತೊಂದು ಸೊಲಿನಾಯ್ಡ್ ಆಗಿರಲಿ. ಇವುಗಳನ್ನು ಸುತ್ತುವಾಗ, ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದು ಆವರಿಸಿರುವಂತೆ ಇದ್ದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆಗೆ ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ.

P ಸುರಳಿ : n_1 ಸುತ್ತುಗಳು: ಉದ್ದ L ಸೆಂ.ಮೀ. ಅಡ್ಡ ಅಳತೆ = A ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. ಇದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು i. e. m. u. ಆಗಿರಲಿ.

ಇದರ ಮಧ್ಯಭಾಗವನ್ನು ಆವರಿಸಿರುವ S ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ n_2 ಸುತ್ತುಗಳಿರಲಿ. ಆಗ, P ಯಲ್ಲಿ ಕಾಂತರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು (Flux) = $\frac{4\pi n_1 A i}{l_1}$

ಇವುಗಳು S ನ ಒಂದೊಂದು ಸುತ್ತನ್ನೂ ಆವರಿಸುತ್ತವೆ,

ಆದ್ದರಿಂದ, S ಸುರಳಿಯ n_2 ಸುತ್ತುಗಳೊಡನೆ ಸಂಯೋಜಿತವಾಗಿರುವ ಹರಿವು

$$\frac{4\pi\ n_1\ n_2\ Ai}{L}$$

ಇಲ್ಲಿ i = 1 e. m. u. ಆದರೆ, ಅದೇ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಚೋದಕತ್ವವಾಗಬೇಕು, (M)

$$\therefore\ M = \frac{4\pi n_1 n_2}{L} A \text{ (e.m.u.)} = \frac{4\pi n_1 n_2 A}{L} \times 10^{-9} \text{ ಹೆನ್ರಿಗಳು} \quad 8.69$$

$$\left[e_s = -M.\ \frac{ip}{dt}.\quad \frac{dip}{dt} = 1,\ e_s = M \right]$$

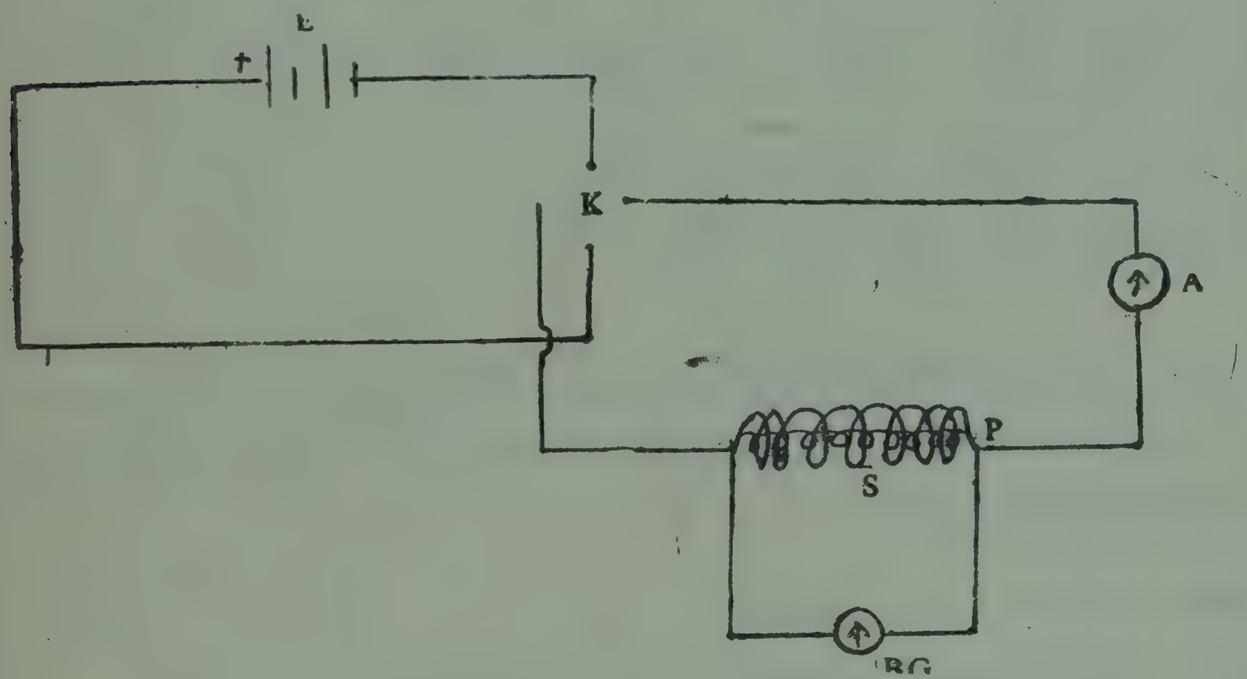
P ಸುರಳಿಯು μ ಗುಣಾಂಕದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಸುತ್ತಲೂ ಇದ್ದರೆ

$$M = \frac{4\pi n_1 n_2}{L} \frac{A.\mu}{} \times 10^{-9} \text{ ಹೆನ್ರಿಗಳು} \qquad 8.70$$

ಉದಾಹರಣೆ: L = 50 ಸೆಂ. ಮೀ; ಸುರಳಿಯ ತ್ರಿಜ್ಯ = 3 ಸೆಂ.ಮೀ. ಒಂದು ಸೆಂ. ಮೀ. ಗೆ 20 ಸುತ್ತುಗಳು ಇವು P ಸುರಳಿಯ ಆಳತೆಗಳು. S ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ 1000 ಸುತ್ತುಗಳಿವೆ. ಹಾಗಾದರೆ. ಪರಸ್ಪರ ಚೋದಕತ್ವದ ಪ್ರಮಾಣವೆಷ್ಟು?

$$M = \frac{4\pi \; n_1 n_2 \; A.\, \mu}{L} \times 10^{-9} = (4\pi.20 \times 1000 \times 1 x 3^2 x 1 x 10^{-9})$$

$= 2.26$ ಮಿಲ್ಲಿ ಹೆನ್ರಿಗಳು



ಚಿತ್ರ 8.15 B.G ಯ ನಿಯತಾಂಕವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು

ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪ ಮಾದರಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಮಾಪಕದ (B.G) ನಿಯತಾಂಕವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ರಚಿಸಿರುವ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು.

P ಸೊಲಿನಾಯ್ಡನ್ನು E, A, K ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದೆ. E= ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ, A= ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕ. K (Cemmutator) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಪರಿವರ್ತಕ ಬೆಣೆ =P ಸುರಳಿಯ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವಂತೆ ಅದರ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ S ಸುರಳಿಯು ಅವರಿಸಿದ್ದು, ಇದನ್ನು B. G ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಮಾಪಕದ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದೆ.

ಈಗ, P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ I ಆಂಪಿಯರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು (ಇದನ್ನು A ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಬಹುದು) ಹರಿಯುತ್ತಿದ್ದು ಇದನ್ನು ತತ್‌ಕ್ಷಣ K ಬೆಣೆಯ ಮೂಲಕ, ಅದಕ್ಕೆ ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ.

S ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಚೋದಿತವಾಗುವ emf ನಿಂದ, BG ಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣವು (Q) ಹರಿಯುತ್ತದೆ (charge) ಇದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಉತ್‌ಕ್ಷೇಪವು θ ಆಗಿ, ಅದರ ನಿಯತಾಂಕವು. K^1 ಆದರೆ.

$$Q = K^1 \theta,$$

8.69 ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ

P ನಲ್ಲಿ $\frac{n_1}{l} = n_1{}^1$ ಸುತ್ತುಗಳು (ಒಂದು ಸೆಂ.ಮೀ. ಗೆ)

n_1 = S ನಲ್ಲಿರುವ ಸುತ್ತುಗಳು

A = P ಸುರುಳಿಯ ಅಡ್ಡ ಅಳತೆ.

i = P ಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ (e.m.u) ಆದರೆ, i ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು (—i) ಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುವಾಗ, S ಸುರಳಿಯೊಂದಿಗೆ ಸಂಯೋಜಿತವಾಗಿರುವ ಒಟ್ಟು ಹರಿವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು

$N = 2 \times 4\pi n_1{}^1 n_2 Ai$ ಆಗುತ್ತದೆ.

BG ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ರೋಧ = r ಆದರೆ

$$q = \frac{8\pi n_1{}^1 n A i}{r} = K^1\theta$$

i ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು (I) ಅಂಪಿಯರ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ, r ರೋಧವನ್ನು (R) ಓಂಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇಟ್ಟರೆ q ಪ್ರಮಾಣವು Q ಕೂಲಾಂಬ್‌ಗಳಾಗುತ್ತದೆ.

$$Q = \frac{8\pi n_1{}^1 n_2 A I}{R} \text{ ಕೂಲಾಂಬ್} = K^1\theta \qquad 8.70$$

$n_1{}^1$, n_2, A, I, θ ಗಳು ಗೊತ್ತಾಗುವುದರಿಂದ K^1 ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಬದಲಾಯಿಸಿ ಬರೆದರೆ

$$Q = \frac{2MI}{R} = K^1\theta \qquad 8.71$$

ಇಲ್ಲಿ M = P_1S ಗಳ ನಡುವಣ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಚೋದಕತ್ವ = $4\pi n_1{}^1 n_2 A$ (8.69 ಸಮೀಕರಣ)

B.G ಯ ನಿಯತಾಂಕ (k_1) ವನ್ನು ಬೇರೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದರೆ. M ಅಥವಾ P,S ಗಳ ನಡುವಣ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಚೋದಕತ್ವವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

8.14 ಚೋದಕ ಸುರಳಿಯಂತ್ರ

ಇದುವರೆವಿಗೂ ವಿವರಿಸಿರುವ ತತ್ವವನ್ನು ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಚೋದಕ ಸುರಳಿ ಯಂತ್ರವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದರ ರಚನೆಯ ವಿಧಾನದಿಂದ, P ಎಂಬ ಪ್ರಥಮ ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 10 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ e.m.f. ಇದ್ದರೆ, ದ್ವಿತೀಯ (secondary) ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರೇರಿತ e.m.f. ಪ್ರಮಾಣವು ಸಾವಿರಾರು ಪಾಲು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ X–ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ನಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೂಡ X– ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಇದರ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 8.16ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಮೂಲಕ ವಿವರಿಸಬಹುದು.

ರಚನೆ–

P- ಪ್ರಥಮ ಸುರಳಿ : ದಪ್ಪನಾದ ತಾಮ್ರದ ತಂತಿಯ ಕೆಲವು ಸುತ್ತುಗಳು (ಸುಮಾರು 200) ಇರುವ ಸುರಳಿ. ಇದನ್ನು L ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ತಿರುಳಿನ (core) ಮೇಲೆ, ಅವರಿಂದ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕವಿಲ್ಲದಂತೆ (fully insulated) ಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. L ಎಂಬುದು ಹಲವಾರು ಮೆದು ಕಬ್ಬಿಣದ ತಂತಿಗಳ ಪದರಗಳನ್ನು (laminated) ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ (ಇವುಗಳ ನಡುವೆಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕವಿಲ್ಲದಂತೆ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ).

S-ಇದು ದ್ವಿತೀಯ ಸುರಳಿ. ಇದರಲ್ಲಿ ಸಾವಿರಾರು ಸುತ್ತುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಅತಿ ತೆಳುವಾದ ತಾಮ್ರದ ತಂತಿಯ ಸುರಳಿ. ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಸುತ್ತಿ (insulated) ರುತ್ತದೆ. ಈ ದ್ವಿತೀಯ ಸುರಳಿಯನ್ನು ಹಲವಾರು ಪದರಗಳ ವಿಭಾಗಗಳಂತೆ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ತಡೆಯುವಂತೆ (insulated) ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ರೋಧವು ಸಾವಿರಾರು ಓಂಗಳಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನು (S_1S_2) ಕಿಡಿತೆರವಿಗೆ (spark gap) ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದೆ.

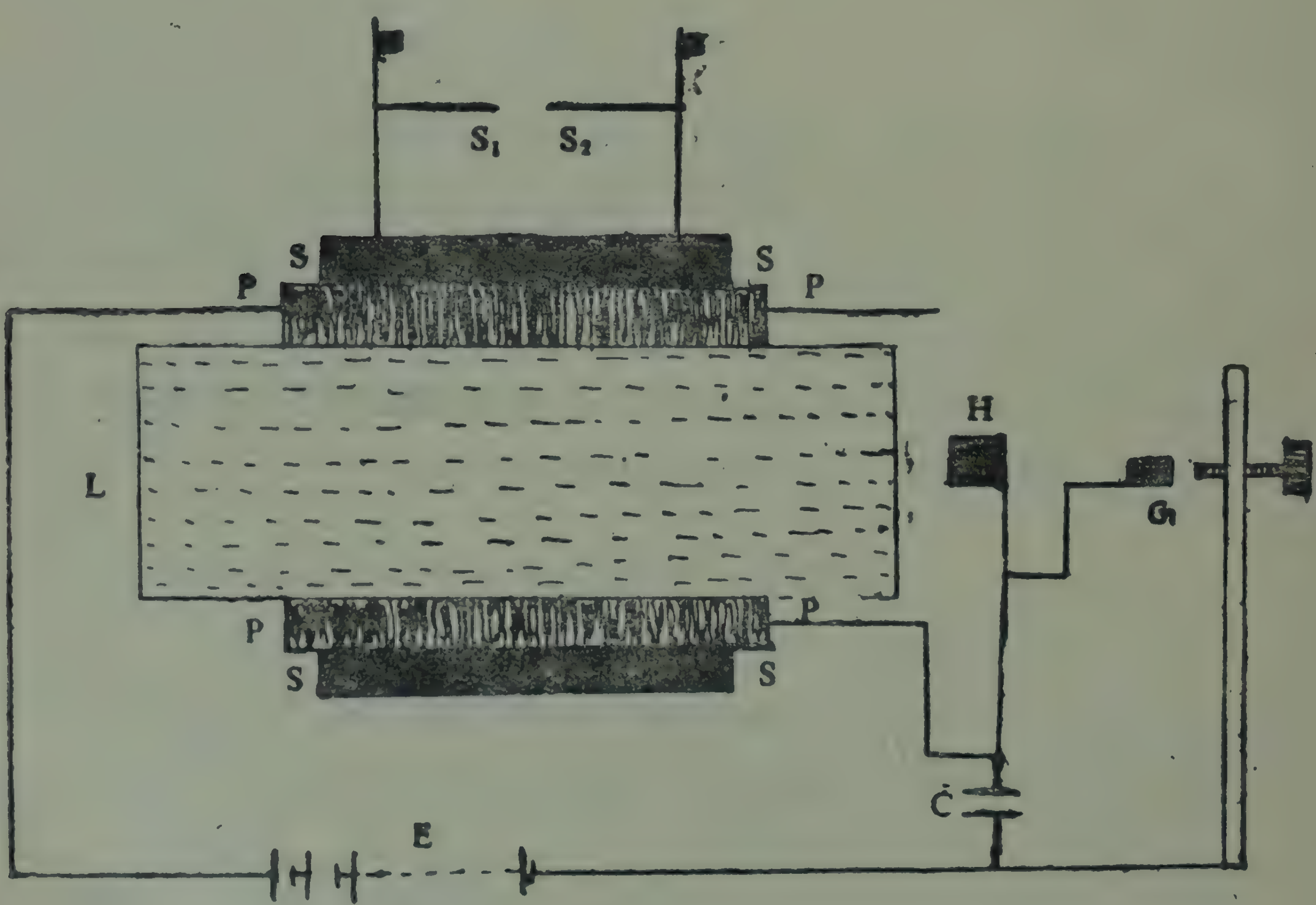
A ಪ್ರಥಮ ಸುರಳಿ (P) ಯ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ (E) ವೂ, ತಾನಾಗಿಯೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಲು ಅಥವಾ ತೆಗೆದುಹಾಕಲು (make and break arrangement) ಸಹಾಯವಾಗುವಂತೆ ಒಂದು ಸುತ್ತಿ–ತಡೆ

ಯನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ H ಎಂಬ ಮೆದು ಕಬ್ಬಿಣದ ತುಂಡು ಇದ್ದು ಇದನ್ನು ಒಂದು ಹಿತ್ತಾಳೆ ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್‌ನ ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಇರಿಸಿದೆ. ಇಂತಹದೆ ಇನ್ನೊಂದು ಸರಳನ್ನೂ ಇದರ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿಯೇ ಇರಿಸಿ, ಇವುಗಳನ್ನು ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸುವಂತೆ ಒಂದು ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ಅಥವಾ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತುದಿ (P) ಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ.

C. ಇದೇ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಅಡ್ಡವಾಗಿ ಒಂದು ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವೂ (Condenser) ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸಂಗ್ರಹ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು 1μ F ಆಗಿರಬಹುದು.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (8.16) ತೋರಿಸಿರುವಂತ ಪ್ರಥಮ ಸುರಳಿ (P) ಯ ಒಂದು ತುದಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಒಂದು ಧ್ರುವಕ್ಕೂ ಇನ್ನೊಂದು ತುದಿಯನ್ನು ಮೇಲೆ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ತಡೆ (Key)ಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶದ ಇನ್ನೊಂದು ಧ್ರುವಕ್ಕೂ ಬಂಧಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಕ್ರಿಯೆ (Action) : P, ಸುರಳಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ (E) ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶವಿರುವುದರಿಂದ, ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವಂತೆ



ಚಿತ್ರ 8.16 ಚೋದಕ ಸುರಳಿ ಯಂತ್ರ

ಮಾಡಿದರೆ. ಕೋಶ (Core) ದಲ್ಲಿರುವ ಮೆದು ಕಬ್ಬಿಣವು ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಪಡೆದು H ತುಂಡನ್ನು ತನ್ನ ಕಡೆಗೆ ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಆಗ, G ತೆರವಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ತುದಿಗಳು

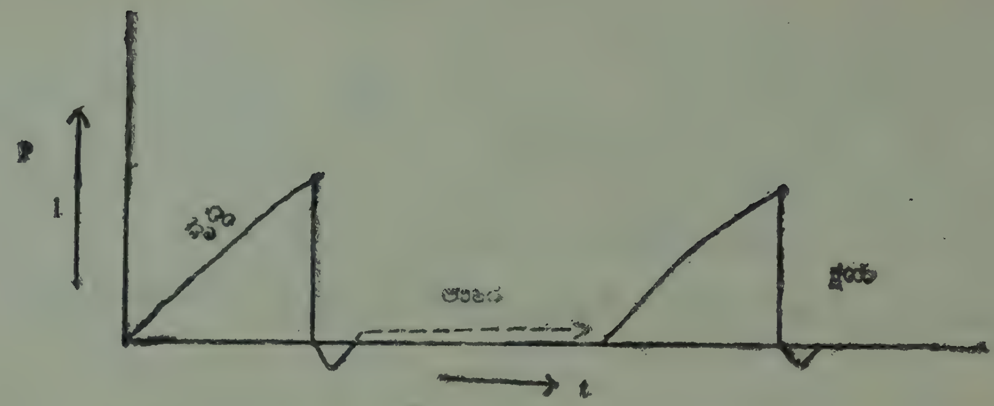
ಬೇರ್ಪಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಕಡಿಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ L ತನ್ನ ಕಾಂತತ್ವವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡು, H ಹಂತಕ್ಕೆ ಸರಿಯುತ್ತದೆ. G ತೆರವು ಮುಚ್ಚಿಕೊಂಡು ಮತ್ತೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ಪುನಃ ಹಿಂದಿನ ವಿಧಾನವು ಮುಂದುವರಿದು, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿಯೂ, ನಿಂತುಹೋಗುತ್ತಲೂ (make and break) ಮುಂದುವರೆಯುತ್ತದೆ.

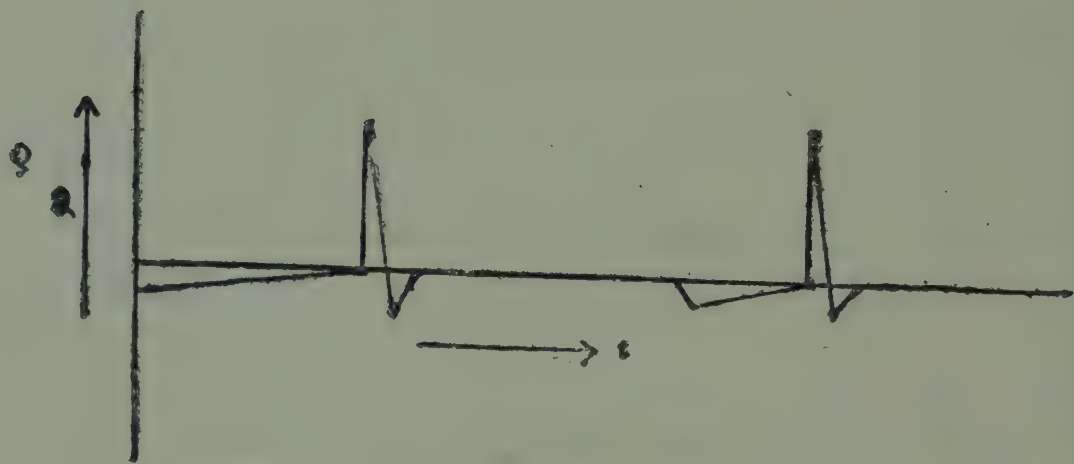
P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವವು ಇದರಲ್ಲಿ ಬಹು ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತದೆ. P ಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಡುವಾಗ, S ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ e.m f. ಪ್ರೇರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವೃದ್ಧಿ ಮತ್ತು ಕ್ಷಯದ ದರವನ್ನು ಕಡಮೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ನಿಂತುಹೋಗುವ ಸಮಯದಲ್ಲಿ $R = \infty$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಕಡಿಯುವ ಸಮಯದಲ್ಲಿ S ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ e.m.f. ಪ್ರಮಾಣವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಆರಂಭಿಸುವಾಗ, P ಸುರಳಿಯ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವದಿಂದ, Sನಲ್ಲಿ ಚೋದಿತವಾಗುವ e.m.f. ಪ್ರಮಾಣವು ಬಹಳ ಕಡಮೆ.

$$I = I_o \cdot \varepsilon^{-\frac{R}{L}.t} \text{ ಅಥವಾ } \frac{dI}{dt} = -\frac{R}{L} \cdot I_o \cdot \varepsilon^{-R/L.t}$$

$$e_s \propto \frac{dI}{dt}$$

ಹೀಗಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲುವ ಸಮಯದಲ್ಲಿ Sನಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ e.m f. ಪ್ರಮಾಣವು, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಆರಂಭಿಸುವಾಗ ಉತ್ಪಾದಿತವಾಗುವ e.m.f. ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯ. ಇದನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಮಾಡಲು, ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ (C) ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವು ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ ಸ್ವಪ್ರಚೋದನೆಯಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವು ಬಹಳ ಬೇಗ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ವಿಸರ್ಜನೆಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿ, ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಅದರಲ್ಲಿ ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.





ಚಿತ್ರ 8 17 ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದಿಂದ ಪರಿಣಾಮ

ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ, (C) ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದ ಫಲವಾಗಿ, P ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವೃದ್ಧಿ ಮತ್ತು ಕ್ಷಯಗಳು ಸಾಗುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ. S ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ e.m.f. ಪ್ರಮಾಣದ ಇಳಿತಏರುವಿಕೆಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿರುತ್ತೆ.

ಇದರಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದಾದ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ:– S ಸುರುಳಿಯ ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ e.m.f ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿದ್ದು ಮತ್ತೊಂದು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅತಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿಯೂ ಇರುವುದರಿಂದ, ಅದನ್ನು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆಯೇ ಭಾವಿಸಿದರೂ ತಪ್ಪಾಗಲಾರದು. (Practically unidirectional) ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚೋದಕ ಸುರುಳಿಯ ಮುಖ್ಯ ಕರ್ತವ್ಯವೇನೆಂದರೆ;–ಸುಮಾರು 10-12 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ–ಅಂದರೆ ಸಾವಿರಾರು ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು–e. m. f. ಗೆ, ಕಡಮೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಯಂತ್ರ.

S_{11} S_2 ಎಂಬ, S ಸುರುಳಿಯ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ G ತೆರವು ಪ್ರವೇಶವಾಗಿದ್ದರೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ಇರುವ ಗಾಳಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕತ್ವವನ್ನು ಮುರಿದು, ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಇದು ಒಂದು ಕಿಡಿಯ (spark) ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲ್ಪಡಬಹುದು. ಹಾಗಿಲ್ಲದೆ, ಅವುಗಳನ್ನು ದೂರಕ್ಕೆ ಸರಿಸಿ, ಆ ಎರಡು

ತುದಿಗಳನ್ನೂ ಒಂದು X– ಕಿರಣನಾಳಿಕೆಯುಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದರೆ, ಆದರಲ್ಲಿ x– ಕಿರಣಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಬಹುದು.

ಮೋಟಾರ್ ವಾಹನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ, ಅನಿಲ ಹೊತ್ತಿಗೆಗಳನ್ನು (ignition) ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಸಹಾಯಕವಾಗುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್‌ಸರ್ಜನ ನಾಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಉಜ್ವಲಗೊಳಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಈ ಯಂತ್ರ ಉಪಕರಣವು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾದುದು.

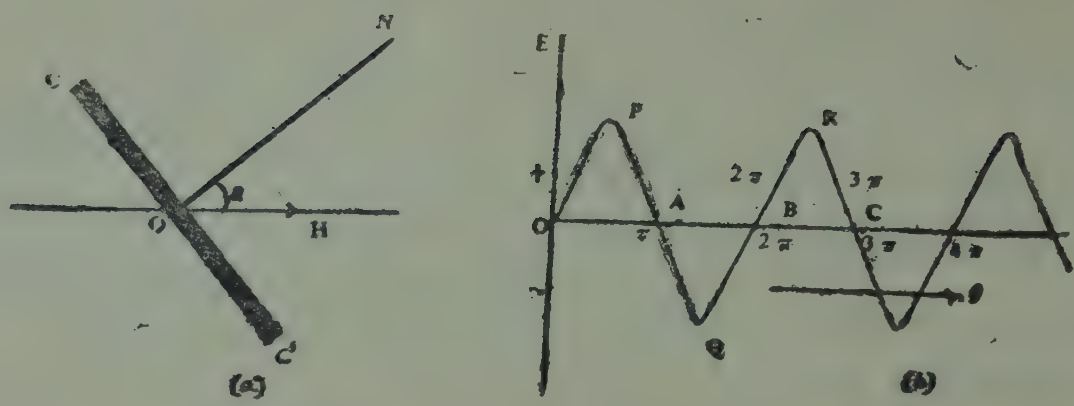
8·15 ವಿದ್ಯುತ್‌ಜನಕ (Dynamo) (A. C. & D. C.)

ವಿದ್ಯುತ್–ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆಯ ತತ್ವದ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಉಪಯೋಗವೆಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್–ಪ್ರವಾಹ ಜನಕಗಳ ನಿರ್ಮಾಣ. (Electric generators)

ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡುವ ಯಂತ್ರಗಳಿಗೆ ಡೈನಮೋ (Dynomo) ಎಂದು ಹೆಸರು. ವಿಪರ್ಯಸ್ತ ರೂಪದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಯಂತ್ರಗಳಿಗೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಚಾಲಕ ಮೋಟಾರ್ (Electric motor) ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಡೈನಮೋದಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಧಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದರಲ್ಲಿ ಏಕಮುಖ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು D. C. ಡೈನಮೋ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದರಲ್ಲಿ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ, ಇವುಗಳನ್ನು A.C. ಯಂತ್ರಗಳೆಂದು ಕರೆಯುವುದು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ಉಷ್ಣ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಯಾವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಇದ್ದರೂ ಪರವಾಗಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ A. C. ಯಂತ್ರಗಳೂ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತವೆ–ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಗಳಿಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣ ಮಾಡಲು (Charging batteries) D. C. ಮಾದರಿಯ ಯಂತ್ರಗಳು ಮಾತ್ರ ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ.

ಡೈನಮೋ ಮತ್ತು ಮೋಟಾರ್ ಯಂತ್ರಗಳ ರಚನೆಯ ಬಹುಭಾಗದಲ್ಲಿ ಹೋಲಿಕೆ ಇದ್ದು, ಅವುಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸುವ ವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಇವುಗಳಿಗೆ ಆಧಾರ ಭೂತವಾದ ಮೂಲತತ್ವದ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಮೊದಲು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. CC^1 ಎಂಬುದು A ಚ.ಸೆಂ. ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ ಮತ್ತು n ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯಾಗಿರಲಿ. H ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟಡ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲದ ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಈ ಸುರಳಿಯು ω ಪ್ರಮಾಣದ ಏಕರೂಪಕೋನೀಯ (uniform angular velocity) ವೇಗದಿಂದ ಸುತ್ತುತ್ತ ಇರಲಿ.



ಚಿತ್ರ 8.18 ಡೈನಮೊ ಯಂತ್ರದ ತತ್ವ

ಮೊದಲು ಈ ಸುರಳಿಯು ತನ್ನ ಸಮತಲವನ್ನು Hಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಹೊಂದಿ ಆಗ, t = 0 ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. t ಸೆಕೆಂಡ್ ನಂತರ ಇದರ ಸಮತಲವು ಆ ಕೋನದ ಮೂಲಕ ಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದಿರುವಾಗ, ಇದರ ಲಂಬನೇರವು O N ಆಗಿದ್ದರೆ, ಇದಕ್ಕೂ Hಗೂ ಇರುವ ಕೋನವು π ಆಗಿರಬೇಕು (ಚಿತ್ರ 8·17a) ಆ ಸಮಯದಲ್ಲಿ

ಸುರಳಿಯು ಮೂಲಕ ಸಂಯೋಜನೆ ಹೊಂದಿರುವ ಕಾಂತರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು Nಆಗಿದ್ದರೆ

$$N = \mu H \cdot A \cdot \cos\theta = \mu . H . A \cos \omega t. \qquad 8{\cdot}72$$

ಇದರ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ದರವು

$$\frac{dN}{dt} = -\mu . H . A . \omega . \sin \omega t \qquad 8.73$$

ಆದ್ದರಿಂದ e = ಚೋದಿತ e.m f ಆದರೆ,

$$e = -\frac{dN}{dt} = \mu\text{–}H.A.\omega.\ \text{Sin}\ \omega t\ (\text{e.m.u. ಮಾನ}). \qquad 8.74$$

ಒಂದು ಪೂರ್ಣಸುತ್ತಿನಲ್ಲಿ θ ಪ್ರಮಾಣವು ಕ್ರಮವಾಗಿ O° ಯಿಂದ 360°ಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, $\theta - e$ ಗಳ ನಡುವಣ ರೇಖೆಯನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದರೆ, ಇದರ ರೂಪವು ಚಿತ್ರ 8·17 (b) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಇರುವುದು.

$\omega t = \theta = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}$ ಆದಾಗ, e ಪ್ರಮಾಣದ ಮೌಲ್ಯವು ಅತಿ ಗರಿಷ್ಠ ಅಥವಾ ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$$e_0 = e_{max} = \mu . H . An . \omega . \ (P_1 P \text{ ಬಿಂದುಗಳು}). \qquad 8{\cdot}75$$

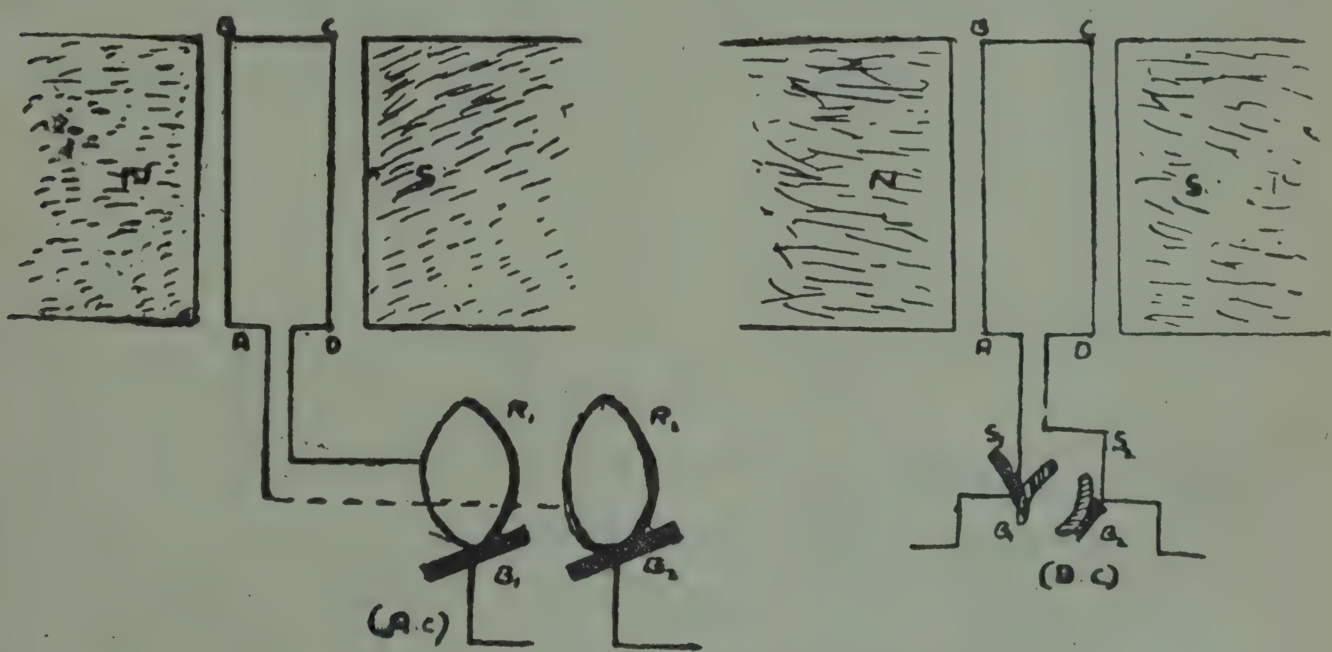
ಆ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಸುರಳಿಯ ಸಮತಲವು Hಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ, O,A,B,C. ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ $\theta = \omega t =$ O,2π,$\cdots$ಆಗಿದ್ದು e = O.

ಇದರಿಂದ ನಾವು ಊಹಿಸಬಹುದಾದ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ; ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ CC^1 ಸುರಳಿಯು ಏಕ ರೂಪ ವೇಗದಿಂದ ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಿರುವಾಗ, ಅದರ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಚೋದಿತವಾಗುವ e.m.f. ಮೌಲ್ಯಗಳು$+e_0$ ಇಂದ $-e_0$ ಗೆ ಆವರ್ತ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಇದು ಒಂದು S.H.M.ರೀತಿಯ ಆಂದೋಳನವಾಗಿದ್ದು ಇದರ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ (a)ವು e_0 ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು $\theta = \omega t$ ಎಂಬುದು ನೆಲೆ (phase) ಆಗಿ ಇರುತ್ತದೆ.

ಇದೇ (A.C.) ರೂಪದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳ ಮಾದರಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕದ ತತ್ವ–

$e_0 = \mu$ H.A.n.ω ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಬಲಗಡೆ ಇರುವ ಒಂದೊಂದು ಪದದ (expression) ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ ಹೋದಷ್ಟೂ e_0 ಪ್ರಮಾಣವೂ ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಉತ್ಪಾದಿಸಲ್ಪಟ್ಟ e.m f. ಅನ್ನು ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ + ಮತ್ತು – ಆಗುತ್ತ ಹೋಗುವುದು.

ಈಗ ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, A.C. ಡೈನಮೋ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 8.19 A C. ಮತ್ತು D.C. ಡೈನಮೋ

ಚಿತ್ರ 8.18 (a) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ A.C. ಮಾದರಿಯ ಯಂತ್ರದ ರಚನೆಯನ್ನು ಈಗ ವಿಕ್ಷಿಸಬಹುದು.

1. ಸಂಗ್ರಹ ಕಾರಕ (ಸುರಳಿ) (Armature) – ಇದನ್ನು ABCD – ಎಂಬ ಆಯತಾಕಾರದ ಸುರಳಿಯಂತೆ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಚಿತ್ರ 8.17 ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ CC^1 ಸುರಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಇದು ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ಆದಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವನ್ನೂ (A), ಸುತ್ತುಗಳನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುವ ಶಕ್ತಿಯು ಸುರಳಿ. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಆಧಾರ ಕೋಶದ (iron core) ಮೇಲೆ ಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ μ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೇ ಇದು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

2. ಕಳಚು ಬಳೆಗಳು (R_1, R_2) Slip rings)

ABCD (ಸಂಗ್ರಹ ಕಾರಕ)ವು ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನು R_1, R_2 ಎಂಬ ಎರಡು ವರ್ತುಲ ತಾಮ್ರ ಬಳೆಗಳಿಗೆ ಬೆಸೆದಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಅಚ್ಚಿಗೆ (axle) ಅಳವಡಿಸಿ, ಇವುಗಳನ್ನು ಕಾಂಡ (Shaft) ವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕವಿಲ್ಲದಂತೆ (insulated from each other) ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ.

3. ವಿದ್ಯುತ್ ಕೂರ್ಚಗಳು (B_1,B_2) (Brushes)

ಇವುಗಳನ್ನು ತಾಮ್ರ ಅಥವಾ ಗ್ರಾಫೈಟ್‌ನಿಂದ ಮಾಡಿ, (Brushes).,ಇವುಗಳು R_1R_2 ಬಳೆಗಳನ್ನು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಮೃದು ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸುವಂತೆ (mildly bearing) ರಚಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನೂ ಹೊರಗಿನ ಮಂಡಲಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ರೋಧದ ಮೂಲಕ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ.

4. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ (H) (NS).

ಸಂಗ್ರಹಕಾರಕ ಸುರಳಿಯು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವಾಗ ಅದಕ್ಕೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಒದಗಿಸಲು ಬೇಕಾಗಿರುವ ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಈ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತದಿಂದ ಒದಗಿಸಲಾಗುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಕ್ಷೇತ್ರಕಾಂತ (Field Magnet) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಕುದುರೆ ಲಾಳದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇರಬಹುದಾದ ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ತುಂಡಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಹಲವಾರು ಸುತ್ತುಗಳ ಸುರಳಿಯನ್ನೂ ಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಮೂಲಕ ಹರಿಯಬೇಕಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಒದಗಿಸಲು, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕದಿಂದ ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸ್ವಯಂ ಉತ್ತೇಜಿತ (Self-excited) ಯಂತ್ರ, ವೆಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವುದು. ಈ ಕಾಂತಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸುರಳಿಗಳನ್ನು,

ಕ್ಷೇತ್ರ ಸುರಳಿ (Field coils) ಗಳೆಂದು ಹೆಸರು. ಇದರ ವಿಷಯವನ್ನು ಮುಂದೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ (ABCD) ಸಂಗ್ರಾಹಕವು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ಸುತ್ತುತ್ತ ಇದ್ದರೆ, ಅದರ ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ $+e_0$, $-e_0$ ಗಳ ನಡುವೆ e.m.f. ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಆವರ್ತಕಾಲವು T

ಆದರೆ, $T = \dfrac{2\pi}{\omega}$ ಅಥವಾ $n = \dfrac{1}{T} = \dfrac{\omega}{2\pi}$

n ಎಂಬುದು ಆವರ್ತಗಳಸಂಖ್ಯೆ-ದೊಡ್ಡ ದೊಡ್ಡ ಉತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಿ ವಿವಿಧ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಹಂಚುವಿಕೆಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ $n = 50$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

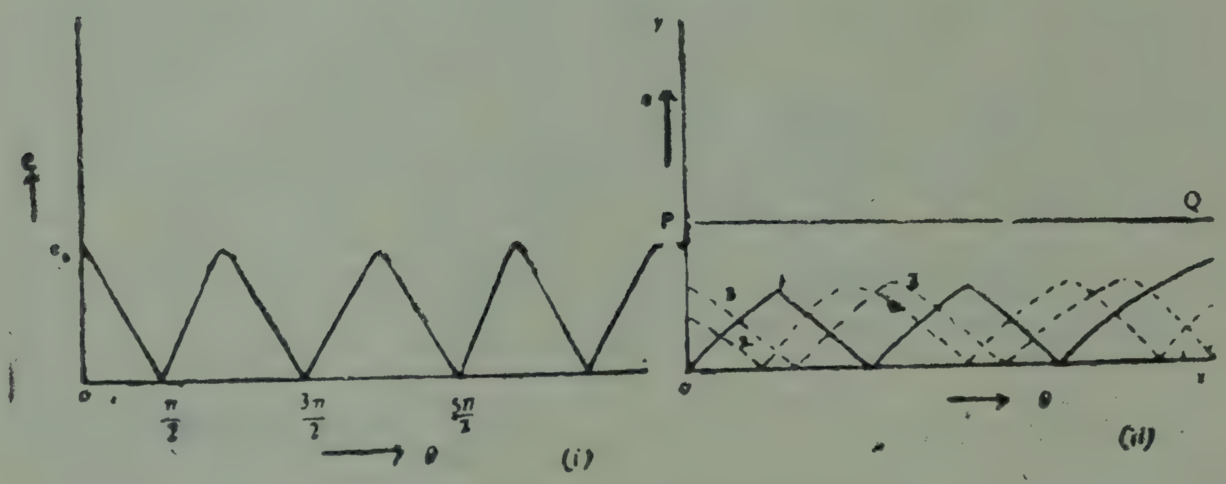
D. C. ಯಂತ್ರಗಳು [ಏಕಮುಖವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ]

ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕಗಳಲ್ಲಿ ಹೊರಗಡೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಏಕಮುಖವಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ, ಯಂತ್ರದ ರಚನೆಯು A.C. ಯಂತ್ರವನ್ನು ಹೋಲುತ್ತಿದ್ದರೂ, ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 8.18 (b) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ABCD ಸಂಗ್ರಹಕಾರದ ತುದಿಗಳನ್ನು R_1, R_2 ಎಂಬ ಕಳಚು ಬಳೆಗಳಿಗೆ (Slipings) ಬದಲಾಗಿ, S_1, S_2 ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಸೀಳು ಬಳೆ ಪರಿವರ್ತಕದ ಎರಡು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಬೆಸೆಯಬೇಕು. ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಒಂದು ತಾಮ್ರದ ಬಳೆಯನ್ನು ಎರಡು ಹೋಳುಗಳನ್ನಾಗಿ ಕತ್ತರಿಸಿ, ಇವುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ಸಂಗ್ರಹಕಾರಕ ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳಿಗೆ ಬೆಸೆಯಬೇಕು-B_1,B_2 ಕೂರ್ಚಗಳು ಈಗ S_1,S_2 ಗಳನ್ನು ಸ್ಪರ್ಶಮಾಡಿರುತ್ತವೆ.

ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರ ಮುಖ್ಯ ಪರಿಣಾಮವೇನೆಂದರೆ: ಒಂದು ಆವರ್ತದ ಅರ್ಧ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ (Half-revolution) S_1 ಭಾಗವು B_1 ಕೂರ್ಚವನ್ನೂ ಹೊಂದಿಕೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ಆಗ S_2, B_2 ಗಳು ಸ್ಪರ್ಶಮಾಡಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಆವರ್ತದ ಇನ್ನೊಂದು ಅರ್ಧ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ S_1, B_2 ಗಳು ಒಂದು ಕಡೆಯು, S_2,B_1 ಗಳು ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆಯು ಸ್ಪರ್ಶಮಾಡಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದೊಂದು ಅರ್ಧ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿಯೂ, S_1, S_2 ಗಳು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ+ಮತ್ತು – ಗಳ ನಡುವೆ ಬದಲಾಯಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಸರಿ ಹೋಗುವುದರಿಂದ, B_1,B_2 ಗಳನ್ನು ಹೊರಗಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸುವಾಗ ಹೊರಗಿನ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್

ಪ್ರವಾಹವು ಏಕಮುಖವಾಗಿರುತ್ತದೆ, e.m.f ಬದಲಾಯಿಸುವ ರೂಪವು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, e.m f ಮೌಲ್ಯವು o ಇಂದ $+e_0$ ಗೆ



ಚಿತ್ರ 8.19 (D. C. ಯಂತ್ರ) ದ ಏಕಮುಖ ಪ್ರವೃತ್ತಿ

ಮಾತ್ರ ಬದಲಾಗುತ್ತ ಹೋಗುವುದೇ ಹೊರೆತು–ಆಗುವುದೇ ಇಲ್ಲ. ಒಂದು ಅರ್ಧ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ e.m.f ಬದಲಾವಣೆಯು o, $+e_0$ 0 ಆಗುತ್ತದೆ.

ನಾವು ಗಮನಿಸಿಬೇಕಾದ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ : (ABCD) ಸಂಗ್ರಹ ಕಾರಕ ಸುರಳಿಯತುದಿಗಳ ನಡುವಣ e.m.f ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದೊಂದು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿಯೂ $+e_0$ – e_0ಗಳ ನಡುವೆ ಆಂದೋಳನ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದರೂ, ನಮಗೆ ಹೊರ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ$+e_0$,O ಗಳ ನಡುವೆ ಏಕಮುಖ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ನ್ಯೂನತೆ ಇದೆ, ಅದೇನೆಂದರೆ, ಯಂತ್ರದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ e.m.f. ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದೇ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರದೆ, o ಯಿಂದ e_0 ವರೆಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುವುದರಿಂದ, ಹೊರಗಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿಯೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು ಏಕಮುಖವಾಗಿದ್ದರೂ, ಏಕಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಆರ್ಮೇಚರ್‌ನಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಸುರಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಹಲವಾರು ಸುರಳಿಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ರಮವಿದ್ದು, ಈ ವಿವಿಧ ಸುರಳಿಗಳನ್ನು ಶ್ರೇಣಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಸಮಾನ ಅಂತರಗಳಿರಬೇಕು (equal intervals) –ಹೀಗೆ ಇದ್ದರೆ, ಎಲ್ಲ ಸುರಳಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಸಮಯದಲ್ಲಿದ್ದು, ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ e.m.f. ಪ್ರಮಾಣವು ಅವುಗಳೆಲ್ಲದರ ಮೊತ್ತವಾಗಿರುತ್ತದೆ-ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 8.19 (b) ಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ 1,2,3, -ಸುರಳಿಗಳಿಗೆ ತಮ್ಮದೇ ಆದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೇಖೆಗಳಿದ್ದು, ಇವುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ,

PQ ರೇಖೆಯು ಸೂಚಿಸುವಂತೆ, e.m.f ಪ್ರಮಾಣವು ಸುಮಾರಾಗಿ ಏಕಮೌಲ್ಯದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ–ಹೀಗೆ ಸುರಳಿಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುವ ವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಗ್ರಾಂ-ರಿಂಗ್ ಆರ್ಮೇಚರ್ (gramme-ring armature) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಡ್ರಂ ಆರ್ಮೇಚರ್ (Drum armature) ಎಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದ ಆರ್ಮೇಚರ್ ಕೂಡ ಇವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡೇ ಎರಡು ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಬದಲು ಹಲವು ಧ್ರುವಗಳೂ ಇರಬಹುದು: ಇದನ್ನು ಬಹುಧ್ರುವ (multi-polar armature) ಮಾದರಿ ಎಂದು ಕರೆಯುಬಹುದು.

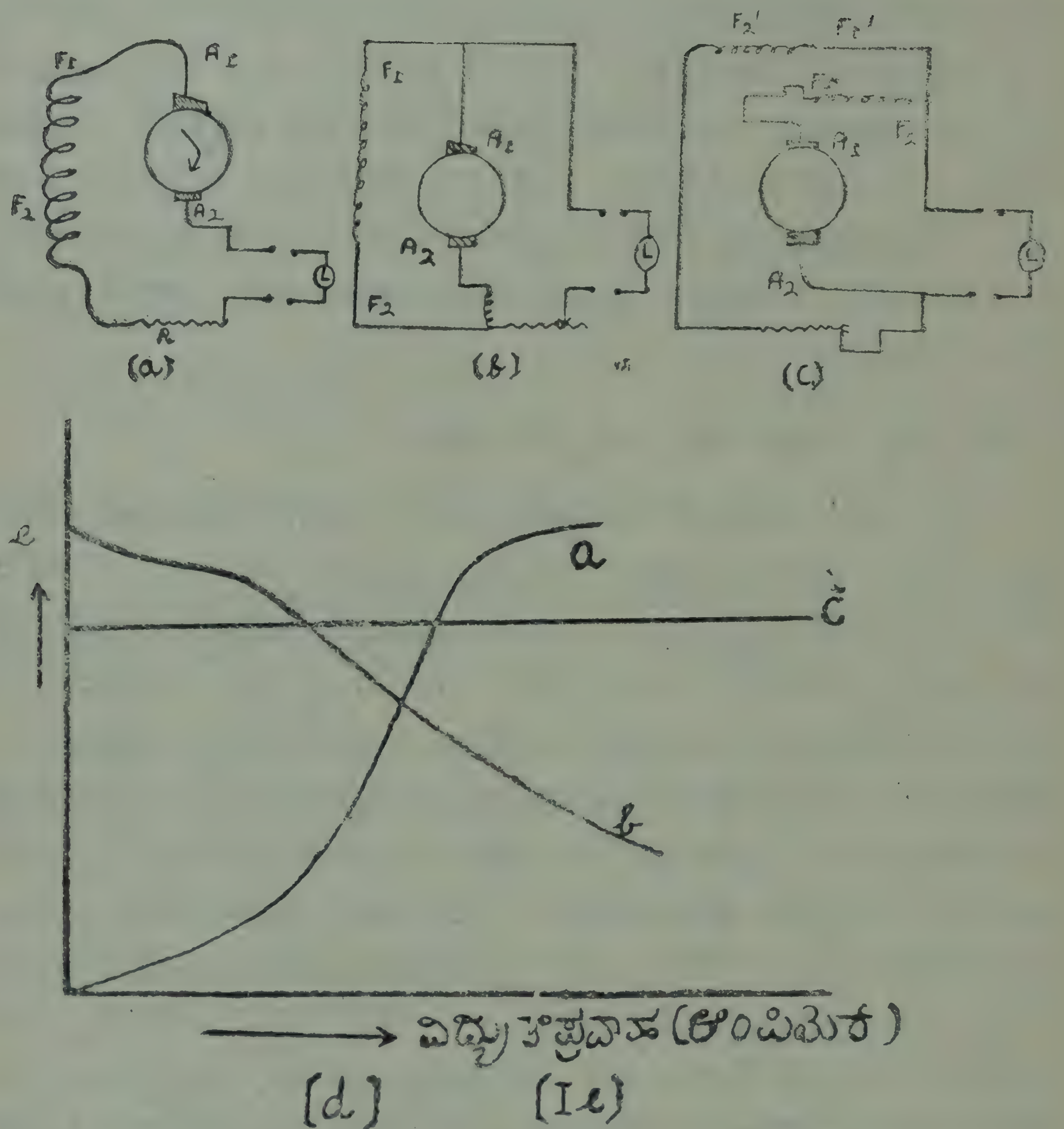
8·16 ಕ್ಷೇತ್ರ ಸುರಳಿಗಳನ್ನು ಸುತ್ತುವ ವಿಧಾನ

ಡೈನಮೋ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಎರಡು ಅಂಗಗಳು ಒಂದು ಆರ್ಮೇಚರ್. ಇದು ಒಂದು ತಂತಿಯ ಸುರಳಿ. ಇದನ್ನು ಮೆದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಆಧಾರ ಕೋಶ (Core) ದ ಮೇಲೆ ಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಯಾವುದೇ ವಿಧಾನದಿಂದಲಾದರೂ, ವೇಗವಾಗಿ ಪ್ರಬಲವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ (Field) ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿಸಬೇಕು. ಇದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತದ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿದ್ದು ಇದರಲ್ಲಿಯೂ ಕುದರೆಲಾಳದ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿಯ ಮೇಲೆ ಸುತ್ತಿರುವ ಹಲವಾರು ಸುತ್ತುಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರಸುರಳಿಗಳು ಇವೆ. ಇವುಗಳ ತುದಿಗಳನ್ನು F_1, F_2 ಎಂದೂ, ಆರ್ಮೇಚರ್ ತುದಿಗಳನ್ನೂ A_1, A_2 ಎಂದು ಕರೆಯೋಣ. ಈಗ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತದ ಸುರುಳಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಮಾತ್ರ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಬೇರೆ ಹೊರಗಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದಿಂದ ತರುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲು, ಡೈನಮೊ ಕೆಲಸ ಮಾಡಲು ಆರಂಭಿಸುವಾಗ ಅದರ ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳನ್ನು ಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್ (e.m.f) ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಡೈನಮೋ ಇಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಅದರಿಂದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುವ ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ ಸ್ವಯಂ ಉತ್ತೇಜಿತಯಂತ್ರ (Self-excited) ವೆಂದು ಕರೆಯುಬಹುದು. ಈಗ ಹೀಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಮೂರು ವಿಧಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳೆಲ್ಲವೂ ಕ್ಷೇತ್ರ ಸುರಳಿ (F) ಮತ್ತು ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿ (A) ಗಳನ್ನೂ ಹೇಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿವೆ. ಇದನ್ನೂ ಈಗ ಪರಿಶೀಲಸಬಹುದು.

ಚಿತ್ರ (8·20) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಮೂರು ವಿಧಾನಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ.

(i) **ಶ್ರೇಣಿಸುತ್ತುವಿಕೆ** (series wound)

ಇದನ್ನು (a) [illegible] A_1, A_2, ಗಳು ಆರ್ಮೇಚರ್‌ನ ಎರಡು ತುದಿ



ಚಿತ್ರ 8·20 ಡೈನಮೊ ಯಂತ್ರದ ವಿವಿಧ ಮಾದರಿಗಳು

ಗಳಾಗಿದ್ದು F_1, F_2 ಗಳು ಕ್ಷೇತ್ರಸುರುಳಿಗಳ (Field coils) ತುದಿಗಳಾದರೆ ಇವುಗಳೆಲ್ಲವೂ ಶ್ರೇಣಿರೂಪದಲ್ಲಿ, ಹೊರಗಿನ ಮಂಡಲದೊಂದಿಗೂ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. r_a, r_f, r_e ಗಳು ಆರ್ಮೇಚರ್, ಕ್ಷೇತ್ರ ಸುರಳಿ ಮತ್ತು ಹೊರಗಿನ ಮಂಡಲಗಳ ರೋಧಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳಾದರೆ, ಒಟ್ಟು ರೋಧವು $R = r_a + r_f + r_e$ ಅಂದರೆ, ಹೊರಗಿನ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು (I_e) ,A ಮತ್ತು F ಸುರುಳಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹರಿಯುತ್ತದೆ. I_e ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆಲ್ಲ, A, F ಗಳಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹೆಚ್ಚಿ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲದ ವೃದ್ಧಿಯ ಮೂಲಕ ಡೈನಮೊನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸುವ e.m.f. ಕೂಡ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ a ರೇಖೆಯು (d) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಈ ಮಾದರಿಯು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವುದಿಲ್ಲ.

(2) ಪಾರ್ಶ್ವವಾಹಕ ಸುತ್ತುವಿಕೆ (Shunt-winding)

ಇದನ್ನು (8 20 a) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. A_1, A_2 ಗಳು F_1, F_2 ಗಳಿಗೆ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಬಂಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟು, ಇವುಗಳು ಪಾರ್ಶ್ವವಾಹಕ ಮಂಡಲಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ (Parallel) ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವೇನೆಂದರೆ, i_a ಮತ್ತು i_f ಗಳು A ಮತ್ತು F ಸುರಳಿಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸಿದರೆ; ಒಟ್ಟು ಪ್ರವಾಹವು (i) ಇವುಗಳ ಮೊತ್ತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿರುವುದರಿಂದ, ಡೈನಮೋದಿಂದ ಎಳೆಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹೆಚ್ಚಾದರೆ, ಕ್ಷೇತ್ರ ಸುರಳಿ (F) ಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ (i_f) ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲ ಕುಗ್ಗುತ್ತದೆ, ಡೈನಮೊದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ e. m. f. ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನೇ (d) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ರೇಖೆಯು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

(3) ಈ ಎರಡು ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವಿರೋಧ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯಿರುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವ ಗುಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಲು ಸಂಯುಕ್ತ-ಸುತ್ತುವಿಕೆ (Compound-wound) ಯ ಮಾದರಿಯ ಯಂತ್ರವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬಹುದು. ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬಗೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರಸುರಳಿಗಳು (F, F^1) ಇದ್ದು, ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರಲ್ಲಿ (F) ಶ್ರೇಣಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿಯೂ ಅಂದರೆ, A_1, A_2 ಗಳು F_1, F_2 ಗಳೊಂದಿಗೆ ಶ್ರೇಣಿ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೊಂದನ್ನು (F^1) ಪಾರ್ಶ್ವವಾಹಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿ ಅಂದರೆ, (A, A_2) ಗಳು ($F_1{}^1$, $F_2{}^1$) ಗಳೊಂದಿಗೆ ಪಾರ್ಶ್ವವಾಹಕರೀತಿಯಲ್ಲಿ (In parallel) ಇರುತ್ತವೆ. ಹೀಗಿರುವುದರಿಂದ, ಇವುಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ eಪ್ರಮಾಣವು ಏಕಮೌಲ್ಯವಾಗಿದ್ದು, c ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸುವಂತೆ ಇರುವುದು. ಹೊರಗಿನ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಎಳೆಯುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವು ಏರುತ್ತಿದ್ದರೂ, ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ e. m. f. ಮಾತ್ರ ಸುಮಾರಾಗಿ ಒಂದೇ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಶ್ರೇಷ್ಠ ಮಾದರಿಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇದೇ ಮಾದರಿಯನ್ನೇ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬಳಸುತ್ತಾರೆ.

8.17 ವಿದ್ಯುತ್‌ಚಾಲಕ ಮೋಟಾರ್ (Electric Motor)

ಇದುವರೆವಿಗೂ ಡೈನಮೋಯಂತ್ರದಿಂದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ್ದಾಯಿತು. ಈಗ, ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಹಾಯಕವಾಗುವ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ಈ ಯಂತ್ರವೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಮೋಟಾರ್ ಸಾಧನ. ಇದರ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕೆಲವು ಮೂಲ ಅಂಶಗಳನ್ನು ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡಬಹುದು.

ರಚನೆ : ವಿದ್ಯುತ್ ಮೋಟಾರ್ ರಚನೆಯೂ ಡೈನಮೋ ರಚನೆಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಚಿತ್ರ 8.18 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳಾದ, ಭ್ರಮಣಮಾಡುವ ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿ, ಪ್ರಬಲಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತ, ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳಿಗೆ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಕಳಚುಬಳೆ (Slip-rings) ಅಥವಾ ಸೀಳು ಬಳೆ (Split-ring) ಪರಿವರ್ತಕ ಮತ್ತು ಕೂರ್ಚಗಳು ಎರಡು ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಈ ಅಂಗಗಳನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುವ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಡೈನಮೋ ನಂತೆಯೇ ಆಗಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಮೋಟಾರ್‌ನಂತೆ ಆಗಲಿ, ಬಳಸುವುದು ನಮ್ಮ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಯಂತ್ರವನ್ನು ಡೈನಮೋ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾದರೆ ನಾವು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ ಆರ್ಮೇಚರನ್ನು ಸುತ್ತುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಅದು ಅತಿ ವೇಗವಾಗಿ ಸುತ್ತಬೇಕಾದರೆ ಕೈಯಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಸಾಲದು, ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಅದಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒಂದು ಮೋಟಾರ್‌ನಿಂದ ಒದಗಿಸಿದರೆ, ಅದು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ, ನಾವು ಯಂತ್ರದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದಾಗಿದೆ. ಈ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರಗಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ದೀಪಗಳನ್ನು ಉರಿಸಲೋ ಅಥವಾ ಯಾವುದೇ ವಿಧವಾದ ರೂಪದಲ್ಲಿಯೂ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಈಗ, ಇದೇ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಮೋಟಾರ್‌ನಂತೆ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾದರೆ, ನಾವು ಹೊರಗಿನ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿ ಮೂಲದಿಂದ ಅಂದರೆ D. C. ಬೇಕಾದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದಿಂದ ಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೂರ್ಚಗಳಿಂದ (Brushes) ಬರುವ ಬಂಧಕ ತಂತಿಗಳ ಮೂಲಕ ಸೀಳುಬಳೆ ಪರಿವರ್ತಕ (Split Ring Commutator) ದ ಮೂಲಕ ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಆರ್ಮೇಚರ್ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವುದರಿಂದ, ಅದು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಲು ಉಪಕ್ರಮಿಸುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ ಆ ಸುರಳಿಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಬಲಯುಗ್ಮ (Couple) ವು ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ತತ್ವವನ್ನು ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಫ್ಲೇಮಿಂಗ್ ಎಡಗೈ ಹೆಬ್ಬೆಟ್ಟಿನ ನಿಯಮದಿಂದ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಬಾಹ್ಯ ಮಂಡಲದಿಂದ ಈ ಯಂತ್ರದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುತ್ತುತ್ತದೆ. ಈ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ಹಾಗೆ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಮೋಟಾರ್ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ, ಡೈನಮೋ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆಯೇ, ಅದೇ ವಿಧಾನದ ಪ್ರಕಾರದಲ್ಲಿಯೂ, ಮೋಟಾರ್‌ನಲ್ಲಿಯೂ, ಶ್ರೇಣಿ ಸುತ್ತುವಿಕೆ, ಪಾರ್ಶ್ವವಾಹಕ ಸುತ್ತುವಿಕೆ, ಮತ್ತು ಸಂಯುಕ್ತ ಮಾದರಿಯ ಸುತ್ತುವಿಕೆಯೆಂಬ (Series wound, Shunt Wound aud Compound Wound) ಮೂರು ಮಾದರಿಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು 8.20 (a) (b) ಮತ್ತು (c) ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆಯೇ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ.

ಕ್ರಿಯೆ (Action)

ಈಗ D. C. ಮೋಟಾರ್‌ನಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ತತ್ವವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಇದು ಪಾರ್ಶ್ವವಾಹಕ ಸುತ್ತುವಿಕೆ (Shunt-wound) ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಹೊರಗಿನಿಂದ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶದ ಮೂಲಕ ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿಯ ಎರಡು ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಈ e. m. f. ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು E ಆಗಿರಲಿ. ಕ್ಷೇತ್ರ ಸುರಳಿಗಳೂ, ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿಗಳೂ ಸಮಾಂತರ (Parallel) ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬಂಧಿತವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಹೊರಗಿನಿಂದ ಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದಲೇ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತವೂ, ಕ್ಷೇತ್ರ ಸುರಳಿಗಳ ಮೂಲಕ ಉತ್ತೇಜಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಸೀಳು-ಬಳೆ ಪರಿವರ್ತಕದ ಮೂಲಕ, ಒಂದೊಂದು ಅರ್ಧ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿಯೂ, ಆರ್ಮೇಚರ್‌ನಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ನೇರವೂ ವಿಪರ್ಯಸ್ತ (reversed) ವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗುವುದರಿಂದಲೇ, ಅದೂ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಲು ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ A ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ, n ಸುತ್ತುಗಳ ಒಂದು ಸಮತಲ ಸುರಳಿಯಿರಲಿ. ಇದರ ಮೂಲಕ i (e. m. u.) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವಾಗ, ಸುರಳಿಯ ಸಮತಲಕ್ಕೂ H ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೂ ಇರುವ ಕೋನವು $\varnothing$ ಆದರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲಯುಗ್ಮದ ಮಹತ್ವ (Couple) ವು

$$C = \mu \cdot A\, n\, i \cos \varnothing . H. \qquad 8.75$$

H ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದೇ ಮೌಲ್ಯವಾಗಿರಲು ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಕೊರೆದು (concave) ಸೂತ್ರವಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಿರಬಹುದು.

$\varnothing = \frac{\pi}{2}$, $C = 0$ ಆಗಿ, ಪರಿವರ್ತಕವು ಕೆಲಸ ಮಾಡದಿದ್ದರೆ, ಭ್ರಮಣವು ನಿಂತುಹೋಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ ಸುರಳಿಯ ಸಮತಲವು Hಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರಬೇಕು. ಆದರೆ, ಅದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತಕವು ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುದರ ಮೂಲ

ಮೇಲಿನ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಮುಂದುವರೆದ ತಕ್ಷಣವೇ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ನೇರವು ವಿರೋಧವಾಗಿ, ಆರ್ಮೇಚರ್ 180° ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೆ ಇದೇ ರೀತಿಯಾಗಿ. ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಭ್ರಮಣವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. H ಸಮರೂಪ ವಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ,

$$C = \mu H A n i$$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಹೀಗೆ ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿಯು ಬಲಯುಗ್ಮದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಆದರ ವೇಗವು ಕ್ರಮೇಣ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕಾ ಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ವಾಸ್ತವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಹೀಗೆ ಆಗುವಂತಿಲ್ಲ. ಅದಕ್ಕೆ ತಾನಾ ಗಿಯೇ ಒಂದು ತಡೆಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ ಇದು ಹೇಗೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಈಗ ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಿಷ್ಟೇ. ಯಂತ್ರವು ಮೋಟಾರ್‌ನಂತೆ ಕೆಲಸಮಾಡಿ, ಆರ್ಮೇ ಚರ್ ಸುರಳಿಯೇ ಭ್ರಮಣಮಾಡುತ್ತಿರುವಾಗ, ಅದು ಒಂದು ಡೈನಮೋನಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿಯು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿ, ಅದರ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (e) ವು ಚೋದಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇದು ಫ್ಲೆಮಿಂಗ್ ಬಲಗೈ ಹೆಬ್ಬೆಟ್ಟಿನ ನಿಯಮದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮೂಲ e m f Eಗೆ ವಿರೋಧ ನೇರ ದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ, ಮೂಲಭ್ರಮಣಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿ ಇನ್ನೊಂದು ಭ್ರಮಣವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿಯು ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ $e.m.f. = E - e$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳ ಬೇಕು. ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಈ ವಿರೋಧ e.m.f. 'e'ಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗು ತ್ತದೆ. ಕೊನೆಗೆ i = ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ, r = ಆರ್ಮೇಚರ್‌ನ ರೋಧ ಆದರೆ

$$i = \frac{E - e}{r} \qquad 8.76$$

ಹೀಗಾಗಿ $$C = \mu H A n \frac{E - e}{r}$$

ಇದರಿಂದ, ವೇಗವು ಅತಿಯಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಲು ತಡೆಯಿದ್ದು ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಒಂದು ಸಮರೂಪದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ.

ಉಪಕ್ರಮ ರೋಧ (Starting Resistance or Starter)

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ಮೋಟಾರ್ ಸಕ್ರಿಯವಾಗಿರುವಾಗ, ಒಂದು ಡೈನಮೊ

ಅಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ, ವಿರೋಧ e. m. f. 'c' ಚೋದಿತವಾಗಿ, ಇದರ ಮೌಲ್ಯವು ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ.

ಆರಂಭದಲ್ಲಿ $e = 0$ ಆಗಿರಬೇಕು

ಅಂದರೆ ಆಗ, ಆರ್ಮೇಚರ್‌ನಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು

$$i = \frac{E}{r_a}$$

r_a ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಲ್ಲದೆ ಇರುವುದರಿಂದ i ಪ್ರಮಾಣವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ಇದು ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸಿದರೆ, ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ ಅಪಾಯವಾಗಿ ಸುರಳಿಯು ಸುಟ್ಟುಹೋಗಲೂ ಬಹುದು.

$E = 100$ ವೋಲ್ಟ್; $r_a = 0.5$ ಓಂ ಆದರೆ $i = 200$ ಆಂಪಿಯರ್ ಆಗ ಬಹುದು. ಇದು ಅಪಾಯಕರ.

ಇದನ್ನು ನಿವಾರಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿಯೊಂದಿಗೆ ಶ್ರೇಣಿಯ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉಪಕ್ರಮ ರೋಧ (Starter) ವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಇದು ಸುಲಭವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸಬಹುದಾದ ಒಂದು ರೋಧದಂತಿದ್ದು, ಮೊದಲು ಅತ್ಯಧಿಕ ಮೌಲ್ಯವಾಗಿದ್ದು, ಕ್ರಮೇಣ ಯಂತ್ರವು ತಿರುಗಲು ಆರಂಭಿಸುತ್ತಲೂ, ಆ ರೋಧವೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಸ್ವಲ್ಪವಾಗಿ ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತ ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಯಂತ್ರವು ಪೂರ್ಣವೇಗದಲ್ಲಿ ತಿರುಗುವಾಗ, ಅದು ಶೂನ್ಯ ಮೌಲ್ಯ ವಾಗಿ ಕ್ರಿಯಾಹೀನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೆಲ್ಲವೂ ಸ್ವಯಂಚಾಲಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಡೆಯು ವಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಇದರ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾದ ಉಚ್ಚಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ಇದು r_a ಆದರೆ

$$i = \frac{E}{r_a + r_s} \qquad 8{\cdot}77$$

$r_s = 99{\cdot}5$ ಓಂ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ

$$i = \frac{100}{100} = 1 \text{ ಆಂಪಿಯರ್ ಆಗುತ್ತದೆ.}$$

ಇದರಿಂದ ಅಪಾಯ ಸಂಭವವಿಲ್ಲ.

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ, ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ e ಹೆಚ್ಚಾಗಿ

$$i = \frac{(E - e)}{(r_a + r_s)}$$

e ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ r_s ಕೂಡ ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿ ಅಂತಿಮವಾಗಿ e ಪ್ರಮಾಣವು E ಗೆ ಸಮೀಪವಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ r_s ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ $r_s = 0$ ಆಗಬಹುದು ಉದಾಹರಣೆಗೆ, e = 98; E = 100 ವೋಲ್ಟ್ ಆದರೆ

$$i = \frac{100 - 98}{0.5} = 4$$ ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳು ಮಾತ್ರ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇಷ್ಟು ಅಂಶಗಳು ಡೈನಮೋ ಮತ್ತು ಮೋಟಾರ್ ಯಂತ್ರಗಳ ರಚನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಮೂಲತತ್ವಗಳು-ಯಾಂತ್ರಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕ ಮೋಟಾರ್ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಜನಕ ಯಂತ್ರಗಳ ವಿಭಾಗವೇ ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ವಿಭಾಗವಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ನಡೆದಿರುವ ಮತ್ತು ನಡೆಯುತ್ತಿರುವ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಇಂದಿನ ನಾಗರೀಕ ಯಂತ್ರಯುಗದ ಮುನ್ನೋಟವು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಇದೆಲ್ಲಕ್ಕೂ ಫ್ಯಾರಡೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು 1831ರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಮೂಲನಿಯಮಗಳು ಆಧಾರವಾದುವು. ಇದನ್ನು ನಾವು ಜ್ಞಾಪಕದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಿರಬೇಕು.

9. ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು

9.1 ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕಗಳು (A. C. Generators)

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಚೋದನೆಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ, ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್-ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಯಂತ್ರದ ತತ್ವ ಮತ್ತು ರಚನೆಗಳ ವಿಷಯವನ್ನು ವಿವರಿಸಿದ್ದಾಗಿದೆ.

ಅಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ A ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ ಮತ್ತು n ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ತಂತಿ ಸುರಳಿಯನ್ನು (ಆರ್ಮೇಚರ್) ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರನಲ್ಲಿ (H) ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿಸಿದರೆ, ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಚೋನಿಸ ಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಆದರ್ಶದಲ್ಲಿ ಇದು ಎರಡಾವರ್ತಿ ತನ್ನ ದಿಕ್ಕನ್ನು ವಿರೋಧಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ.

ಹೀಗೆ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಾವು ಹೊರಗಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ, ಸುತ್ತುವ ಸುರಳಿಯ ಎರಡು ತುದಿ ಗಳನ್ನು ಎರಡು ಕಳಚು ಬಳೆ (Slip rings) ಗಳಿಗೆ ಬಂದಿಸಿ, ಈ ಬಳೆಗಳನ್ನು ಒತ್ತುವಂತೆ ಕೂರ್ಚಗಳನ್ನು (Brushes) ಅಳವಡಿಸಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಹೊರ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ E ಯು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ e.m.t. ಆಗಿಯೂ, I ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವೂ ಹರಿದರೆ.

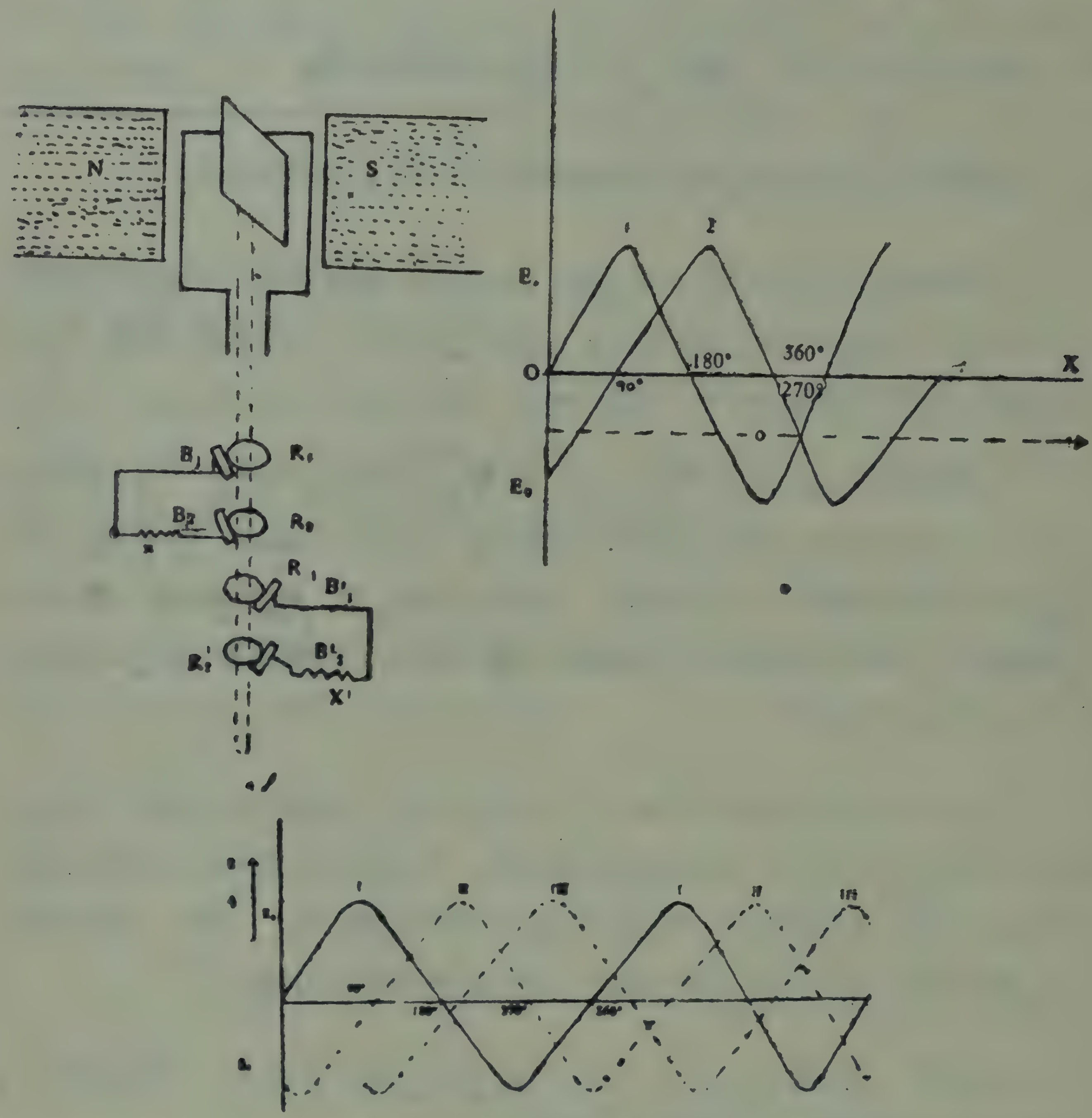
$$E = nAH\,\omega\,\text{Sin}\,\omega t = E_o\,\text{Sin}\,wt \qquad 9.1$$

$$I = \frac{E}{R} = \frac{nAH\,\omega\,\text{Sin}\,\omega t}{R} = I_o\,\text{Sin}\,\omega t \qquad 9.2$$

$\omega = \frac{d\theta}{dt}$ = ಸುರುಳಿಯ ಭ್ರಮಣ ಕೋನೀಯ ವೇಗ.

$\omega t = o$, 90°, 180°, 270°, 360° ನಂತೆ ಒಂದು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ಬದ ಲಾಗುವಾಗ, $E = O$, E_o, O, $-E_o$, O ಆಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬದಲಾವಣೆಗ ಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. E_o ಮತ್ತು I_o e.m.t. ಮತ್ತು

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಶೃಂಗ ಮೌಲ್ಯಗಳು. ಇವುಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾದರೆ,



ಚಿತ್ರ 9.1 ಎರಡುನೆಲೆ (Two-phase) A. C. (ವಿದ್ಯುತ್) E. M. F.

H ಮತ್ತು ω ಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಧ್ರುವಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ H ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸಬಹುದು. ω ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಒಂದು ಮಿತಿಯಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಾರದು. ಇದನ್ನು ಒಂದು ನೆಲೆ (Single phase generator) ಎಂದು ಕರೆಯ ಬಹುದು.

ಈಗ ಒಂದೇ ಸುರಳಿಗೆ ಬದಲು ಎರಡು ಸುರಳಿಗಳನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿಸಿದರೆ, ಇವುಗಳ ಸಮತಲಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿ ಒಂದೊಂದು ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳಿಗೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಎರಡು ಕಳಚು ಬಳೆಗಳಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸುರಳಿಗಳಿಗೂ ಸೇರಿ 4 ಬಳೆಗಳು ಇರಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಮೇಲಿನ (ಚಿತ್ರ 9.1) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರ (a) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ A_1B_2, A_2B_2 ಎಂಬ ಎರಡು ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿಗಳು N-S ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತವೆ. A_1B_2,A_3B_2 ಗಳ ಸಮತಲಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತವೆ. A_1,B_2 ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳು R_1,R_2 ಬಳೆಗಳಿಗೆ ಬೆಸಿದಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನೂ ಎರಡು ಕೂರ್ಚಗಳು ಸ್ಪರ್ಶಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಗಿನ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ (X) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಹಾಗೆಯೇ A_2,B_2 ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳನ್ನು $R^1{}_1$,$R^1{}_2$ ಬಳೆಗಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ ಅವುಗಳಿಂದ ಕೂರ್ಚಗಳ ಮೂಲಕ ಹೊರಗಿನ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ (x^1) ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಈ ಎರಡು ಸುರಳಿಗಳಿಗೂ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ, $E-\theta$ ರೇಖೆಗಳನ್ನು (b) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ 1 ರೇಖೆಯು A_1B_1 ಗೂ 2 ರೇಖೆಯುA_2B_2 ಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳೆರಡರಲ್ಲೂ, E_0 ಶೃಂಗಮೌಲ್ಯವಾಗಿದ್ದರೂ, ಅವು ಗಳನ್ನು ತಲಪುವಕಾಲಗಳಲ್ಲಿ ಭೇದವಿರುತ್ತದೆ. 2 ರೇಖೆಯು 1 ರೇಖೆಗೆ 90° ಹಿಂದಿರುತ್ತದೆ ಅಂದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ E_0 ಮೌಲ್ಯವು ತಲಪಲು 1 ರೇಖೆಗಿಂತ 90° ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಆದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ A_1B_1 ಸುರಳಿಯಿಂದ $E=o$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಒಂದೊಂದು ರೇಖೆಯ ರೂಪವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೂ, 2 ರೇಖೆಯು 1 ಕ್ಕಿಂತ 90° ಹಿಂದಿರುತ್ತದೆ. (lag) ಹಾಗೆಯೇ 1 ರೇಖೆಯು 2 ಕ್ಕಿಂತ 90° ಅಂದರೆ (¼ ಸುತ್ತು)ಮುಂದುವರಿತ್ತದೆ. (lead)

ಈ ಎರಡು ಶೃಂಗಗಳ ನಡುವೆ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು (Phase-difference) ಇರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಈ ಎರಡು ನೆಲೆ (two-phase) ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಎರಡು A.C. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳು. 90° ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಒದಗಿ ಬರುತ್ತವೆ. (a) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ ನಾಲ್ಕು ಸಂಬಂಧಕತಿರುಪುಗಳು (terminals) ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಇವುಗಳಿಂದ ನಾಲ್ಕು ವಾಹಕತಂತಿಗಳನ್ನೂ ಹೊರಗಡೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲಕ್ಕೆ ತರಬೇಕಾದರೂ, ಇವು ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದನ್ನು ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ತಟಸ್ಥವನ್ನಾಗಿ (neutral) ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ ಮೂರು ತಂತಿಗಳೇ ಸಾಕಾಗುತ್ತದೆ.

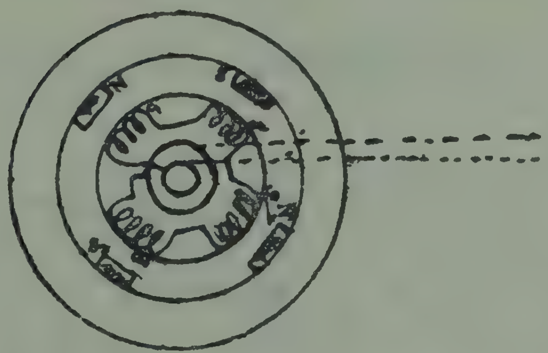
ಇನ್ನು ಮೂರುನೆಲೆ (Three - phase) A. C. ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಮೂರು ವಾಹಕ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಿದ್ದು, ಇವುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವಂತೆ ಆರುಸಂಬಂಧಕ ತಿರುಪು ಗಳಿರಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಮೂರು ವಾಹಕಗಳನ್ನು ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಅಳವಡಿಸ ಬೇಕು. ಇವುಗಳನ್ನು A_1B_1, A_2B_2, A_3B_3 ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, A_1B_1

ಸುರಳಿಯಿಂದ (1) e.m.f. ಶೃಂಗವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿರುವಾಗ, A_2B_2 (2) ಎರಡನೆಯ ಸುರಳಿಯಿಂದ ಬರುವ e.m.f. (1) ಕ್ಕಿಂತ 120° ನೆಲೆ ಹಿಂದೆ ಇರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯ A_3B_3(3) ಸುರಳಿಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ e.m.f. ಪ್ರಮಾಣವು (2) ಸುರಳಿಗಿಂತ 120 ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಹಿಂದಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿರಬೇಕಾದರೆ, ಈ ಮೂರು ಸುರಳಿಗಳ ಸಮತಲಗಳು ಪರಸ್ಪರ 120° ಕೋನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಈ ಮೂರು ಸುರಳಿಗಳಿಗೂ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ E-θ ರೇಖೆಗಳು 9·1 ಚಿತ್ರ (c) ಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ I, II, III ಆಗಿರಬೇಕು–ಇವುಗಳ ಶೃಂಗ ಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು (E_0) ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ 120° ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ,

ಈ ಮೂರು ಸುರಳಿಗಳನ್ನು ಮೂರು ಜೊತೆ ಕಳಚು ಬಳೆಗಳಿಗೂ, ಮೂರು ಜೊತೆ ಕೂರ್ಚಗಳಿಗೂ ಸಂಬಂಧವಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಆರು ಸಂಬಂಧಕ ತಿರುಪುಗಳು ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೂ, ಇವುಗಳ ಒಂದೊಂದು ತುದಿಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ, ಆ ಸಂಧಿಯನ್ನು ಭೂ ಸ್ಪರ್ಶ (earthed) ಮಾಡಿ, ಉಳಿದ ಮೂರು ತುದಿಗಳಿಂದ ತಂತಿಗಳನ್ನು ಹೊರ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಸುರಳಿಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಮಾಡಿ ಬಹುನೆಲೆ (poly-phase) ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡಬಹುದು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ A.C. ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ವಿಧಗಳಿವೆ. (a) ಒಂದು ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕಾಂತಗಳು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದು, ಆರ್ಮೇಚರ್ ಮಾತ್ರ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಪರಿಭ್ರಾಮಕ ಆರ್ಮೇಚರ್ ಮಾದರಿ (Rotor Armature) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರ 9·2 (a)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಆರ್ಮೇಚರ್ ಬಳೆಯ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿದ್ದು, ಇದರಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ವಾಹಕ ತಂತಿಗಳನ್ನು ಶ್ರೇಣಿರೂಪದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿ, ತುದಿಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕ ಗೊಳಿಸದೆ ಎರಡು ಲೋಹದ ಬಳೆಗಳಿಗೆ (metal rings) ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ, ಅವು ಗಳಿಂದ ಕೂರ್ಚಗಳ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ಹೂರವುಂಡಲದಲ್ಲಿ ಬಳಸಿ ಕೊಳ್ಳಬಹುದು–ಆರ್ಮೇಚರನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಲು ಒಂದು ಜಲಧಾರೆ (water fall ಯನ್ನೋ ಟರ್ಬೈನನ್ನೋ (turbine) ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉತ್ತೇಜಿಸಲು ಬೇರೆ ಒಂದು D.C. ಡೈನಮೋವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಅದರ ಧ್ರುವಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ N, S, N, S ಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಸುರಳಿಗಳು ಇದೆಯೋ ಅಷ್ಟು ಧ್ರುವಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಂಥ

ನಾಲ್ಕು ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಇದೂ ಇಲ್ಲದೆ, ಸುರಳಿಗಳ ಅಂತರ ಪ್ರದೇಶವೂ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಅಂತರವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 9.2 A.C. ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕ - ಭ್ರುವ.ಕ ಆರ್ಮೇಚರ್ ಮಾದರಿ

(b)ಎರಡನೆಯ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿಗಳು ಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಸುರಳಿಗಳು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಭ್ರಾಮಕಕ್ಷೇತ್ರ (Rotor Field) ಮಾದರಿಯೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು–ಈ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉತ್ತೇಜಿಸಲು ಬೇಕಾದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸುರಳಿಗಳ ಮೂಲಕ ಕಳುಹಿಸಲು ಒಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕ D. C. ಡೈನಮೋವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಇದರ ಒಂದು ಗುಣವೇನೆಂದರೆ, ಆರ್ಮೇಚರ್ ಸುರಳಿಗಳೊಂದಿಗೆ ಕಳಚುಬಳೆಗಳನ್ನು (slip–rings ಉಪಯೋಗಿಸಿದೆ. ಅವುಗಳನ್ನು ಕ್ಷೇತ್ರ ಸುರಳಿಗಳೊಂದಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅಳವಡಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ A. C. ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು, ಈ ಭ್ರಾಮಕ ಕ್ಷೇತ್ರ ಮಾದರಿಯು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಮಾದರಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಎಲ್ಲ ವಾಹಕ ಸುರಳಿಗಳನ್ನೂ ಶ್ರೇಣಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ, ಅವುಗಳ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನು ಯಂತ್ರದ ಸಂಬಂಧ ತಿರುಪುಗಳಿಗೆ ಬಂಧಿಸಿದರೆ. ಈ ಯಂತ್ರವು ಒಂದು ನೆಲೆ (one phase) ಯಂತ್ರದಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ಆದರಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದು ನೆಲೆ A. C. ಪ್ರವಾಹವೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ,

ಎರಡನೆಯ ಮಾದರಿಯಾದ ಭ್ರಾಮಕ ಕ್ಷೇತ್ರ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ (N–S) ಮಾದರಿಯ p ಜೋಡಿ ಧ್ರುವಗಳಿದ್ದು, ಭ್ರಾಮರವು ಒಂದು ಆವರ್ತವನ್ನು ಪೂರ್ತಿ ಮಾಡುವ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ e. m. f. ಆವರ್ತಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು p ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಆ ಭ್ರಾಮಕವು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ n ಸಾರಿ ಭ್ರಮಣಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ, ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ e. m. f. ಆವರ್ತಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ $= pn$. ಇದನ್ನು f ಎಂದು ಕರೆದರೆ $f = pn =$ A.C. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ. ಆಧುನಿಕ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ $f = 50$ (*c .p.s.*) [ಆವರ್ತಗಳು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ].

ಒಂದೊಂದು ಕಾಂತ ಧ್ರುವದಿಂದಲೂ ಉಂಟಾಗುವ ರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು N ಆದರೆ, ಮತ್ತು m= ಆರ್ಮೇಚರ್‌ನಲ್ಲಿರುವ ವಾಹಕಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ, ಒಟ್ಟು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ e.m.f.ನ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯವು (E)

$$E = \frac{2\, p \cdot n . N . m.}{10^8} \text{ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು.} \qquad 9.3$$

ಉದಾ :– 4-ಧ್ರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕದಲ್ಲಿ ಆರ್ಮೇಚರ್‌ನಲ್ಲಿ 120 ವಾಹಕಗಳು ಶ್ರೇಣಿಯರೂಪದಲ್ಲಿ ಸಂಪರ್ಕಹೊಂದಿ, ಭ್ರಾಮಕವು ಒಂದು ನಿಮಿಷಕ್ಕೆ 1500ಸಲ (1200 *r.p.m.*) ಸುತ್ತುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಯಂತ್ರದ e.m.f. ಮೌಲ್ಯವೆಷ್ಟು. ಒಂದು ಧ್ರುವದಿಂದ ಹೊರಡುವ ಕಾಂತರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು = 40 x 10^5 ರೇಖೆಗಳು.
9.3 ಸೂತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ,

ಇಲ್ಲಿ $p=2$. (ಎರಡು ಜೋಡಿ ಧ್ರುವಗಳು =4)

$n=25$ (1500/60) *r.p.s.*

N= 40 x 10^5 ರೇಖೆಗಳು

$m = \frac{120}{4} = 30$ (ಒಂದು ಧ್ರುವದೊಂದಿಗೆ ಇರುವ ವಾಹಕಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ,

$\therefore$ E = 2 x 2 x 25 x 40 x 30 x 10^5 x 10^{-8} ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು

= 120 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು.

ಈ A.C. ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆ = $f = pn$ = 2 x 25 = 50 *c.p.s.*

9·2 A. C. ವಿದ್ಯುತ್ e.m.f. ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹಗಳ ಅಳತೆ

ಏಕಮುಖ ಪ್ರವಾಹ (D.C.) ವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ನಾವು ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳನ್ನು ಮಾನಗಳನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. ಒಂದು ಆಂಪಿಯರ್ ಎಂದರೆ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ರಚನೆಯ ರಜತ ನೈಟ್ರೇಟ್ ($AgNo_3$) ದ್ರಾವಣ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ, ಅದರಿಂದ 1 ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 0·001118 ಗ್ರಾಂ ಬೆಳ್ಳಿಯನ್ನು ಶೇಖರಿಸ (deposit) ಬಲ್ಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಮೌಲ್ಯ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಆದರೆ, ಇಂಥ ಒಂದು ವೋಲ್ಟಾಮೀಟರ್ (Voltameter) ಮೂಲಕ A.C. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಪ್ರವಹಗೊಳಿಸಿದರೆ, ಯಾವ ಪ್ರಮಾಣದ ಬೆಳ್ಳಿಯೂ ಶೇಖರವಾಗಲಾರದು. ಆದುದರಿಂದ ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ A·C. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯ

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು $I_t = \frac{E_0}{R} \sin pt = I_0 \sin pt.$

ಮೇಲೆ ತೋರಿಸಿದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಇದರ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಒಂದು ಪೂರ್ತ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದರೆ, ಒಟ್ಟು ಮೌಲ್ಯವು $\frac{2I_0}{\pi} - \frac{2I_0}{\pi} = 0.$

ಹೀಗಾಗಿ, ಇವುಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು D.C. ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳ ಸೂಚಿಗಳು ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಆವರ್ತದ ಮೌಲ್ಯದ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಯಾವ ಪಲ್ಲಟವನ್ನೂ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ ಈ ಸೂಚಿಗಳ ಅಪಸಾರವು (deflection) αE ಅಥವಾ αI ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಮಾದರಿಯ ರಚನೆಯ ಉಪಕರಣಗಳಿಂದ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ e.m.f. ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಇದಕ್ಕೆ ಪರಿಹಾರ ಮಾರ್ಗವು ಒಂದು ಇರುತ್ತದೆ, ಅದು ಏನೆಂದರೆ ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಯ ಪಲ್ಲಟಗಳು ($\varnothing$) ಎಂದು ಇಟ್ಟು ಕೊಂಡರೆ, $\varnothing \ \alpha \ E^2$ ಅಥವಾ $\varnothing \ \alpha \ I^2$ ಆಗಿರಬೇಕು.

ಅಂದರೆ, ನಾವು ಕಾದ ತಂತಿ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು (hot wire instruments, ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಒಂದು ರೋಧ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸುವಾಗ, ಅದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಉಷ್ಣಶಕ್ತಿಯು H ಆದರೆ,
$H \ \alpha \ I^2$ ಆಗುತ್ತದೆ.

A.C. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ I_0, $-I_0$ ಗಳ ನಡುವೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೂ ಕೂಡ, $H \ \alpha \ (+I)^2$ ಅಥವಾ $H \ \alpha \ (-I)^2$ ಆಗಿ, $H \alpha I^2$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, A.C. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ನೇರವು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋದರೂ, ಉಷ್ಣ ಉತ್ಪತ್ತಿಯು ಮಾತ್ರ ಏಕಮುಖವಾಗಿ, ಆ ತಂತಿಯು ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ವಿಸ್ತರಣ ಹೊಂದುತ್ತದೆ.

ಇಂಥ ಒಂದು A.C. ಉಪಕರಣದ ಮೂಲಕ ವೋಲ್ಟೇಜ್ ಮತ್ತು ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳನ್ನು ಅಳೆಯುವಾಗ, ಆ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ನಾವು ಅಳೆಯುವ ಪ್ರಮಾಣವು H ಪ್ರಮಾಣದ ಸರಾಸರಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು D.C. ಅಳೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು, ಆಗ, $H \ \alpha \ I^2$ ಆಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ವರ್ಗದಂತೆ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಇದೇ ಉಪಕರಣವನ್ನು A.C. ಅಳೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, I ಪ್ರಮಾಣವು O ಇಂದ I_0ವರೆಗೆ ಬದ

ಲಾಯಿಸುವುದರಿಂದ, $(I_t)^2$ ಹೊಂದುವ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅಳೆದಂತಾಗುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ $(I_0 \text{ Sin } pt)^2$ ಪ್ರಮಾಣದ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯವು ಒಂದು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಆಗುತ್ತದೆ ಆದನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ, ಉಪಕರಣದ ಸೂಚಿಯು ಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದುತ್ತದೆ.

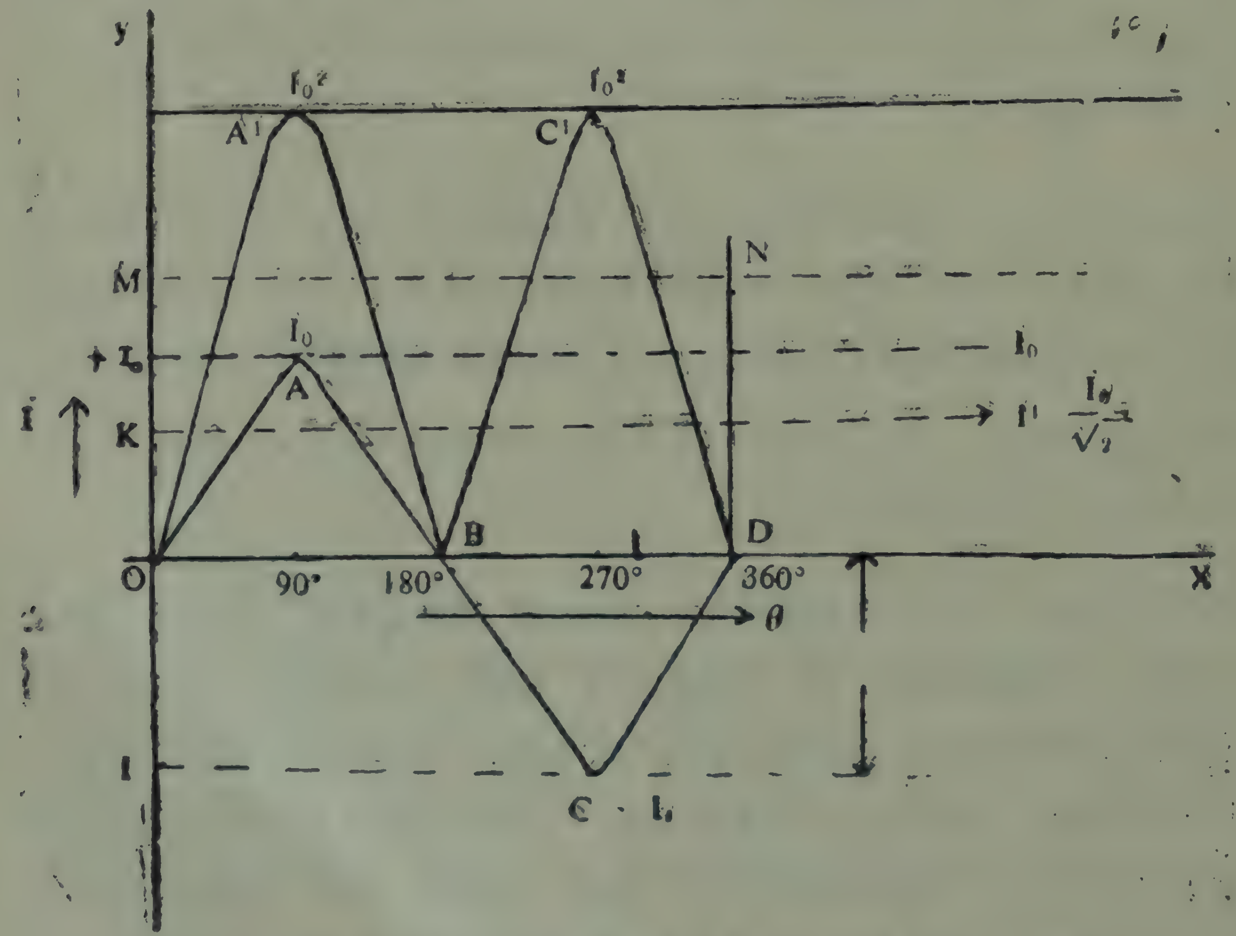
9·3 ಮಿಥ್ಯಾ ವೋಲ್ಟ್–ಮಿಥ್ಯಾ ಆಂಪಿಯರ್ (Virtual Volt & Virtual Ampere)

ಈಗ, A.C. ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಥವಾ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು, ನಾವು ಒಂದು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ $I_t{}^2$ ಮತ್ತು $E_t{}^2$ಗಳು ಹೊಂದುವ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

$I_t = I_0 \sin pt = I_0. \sin \theta$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ

$$\theta = 0^\circ;\ I = O;\ I^2 = O$$
$$\theta = 90^\circ;\ I = I_0\ \ I^2 = I_0{}^2$$
$$\theta = 180^\circ;\ I = O\ \ I^2 = O$$
$$\theta = 270^\circ;\ I = I_0\ \ I^2 = I_0{}^2$$
$$\theta = 360^\circ;\ I = O\ \ I^2 = O$$

ಇದನ್ನೇ I – θ ಸಂಬಂಧ ರೇಖೆಯಿಂದ ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರವು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ



ಚಿತ್ರ 9·3 r.m.s ಮೌಲ್ಯದ A.C. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ

OA^1BC^1D ರೇಖೆಯು $I - \theta$ ಸಂಬಂಧ ರೇಖೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ Iಮೌಲ್ಯವು I_0, $-I_0$ ಗಳ ನಡುವೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ.

$I^2 - \theta$ ಸಂಬಂಧ ರೇಖೆಯನ್ನು ಬರೆದರೆ ಇದು OA^1BC^1Dಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಒಂದು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ I^2 ಯಾವಾಗಲೂ ಧನ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಮೊದಲನೆಯ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ O ಇಂದ I_0^2 ಶಿಖರವುಟ್ಟಿ, Oಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆಯ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿಯೂ ಇದರ ಬದಲಾವಣೆಯ ರೂಪವು ಇದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ I^2 ಮೌಲ್ಯದ ಸರಾಸರಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ. ಇದು $\frac{I_0^2}{2}$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ OM ಎಂದು ತೋರಿಸಿ MN ರೇಖೆಯು XY ಅಕ್ಷದಿಂದ $\frac{I_0^2}{2}$ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಈಗ ಗಣಿತದ ಮೂಲಕ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. A.C. ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವು R ರೋಧದ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವಾಗ,

$I_t = I_0 \sin pt$. (t ಸಮಯದಲ್ಲಿ)

R = 1ಓಂ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು 1 ಸೆಕೆಂಡ್ ಕಾಲ ಹರಿದರೆ

H_t = ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಉಷ್ಣ $\alpha\ I_t^2$

$$\therefore H_t \ \alpha\ I_0^2 \sin^2 pt.$$

$$\text{ic, } H_t \ \alpha\ \frac{I_0^2}{2}\left\{1 - \cos 2\,pt\right\}$$

H ಪ್ರಮಾಣದ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ನಾವು ಒಂದು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ಅದರ ಸರಾಸರಿಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಇದು $\frac{I_0^2}{2}$ $(1 - \cos 2\,pt$,ಯ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು $\overline{I^2}$ ಆಗಿರಲಿ.

$$\overline{I^2} = \frac{1}{2}\,\frac{\int_0^T I_0^2 \sin^2 pt\cdot dt}{\int_0^T dt}$$

$$= \frac{I_0^2}{2T} \int_0^T (1 - \text{Cos } 2pt)\, dt = \frac{I_0^2}{2T} \left[t - \frac{\text{Sin } 2pt}{2p} \right]_0^T$$

$$= \tfrac{1}{2} I_0^2 = \overline{I^2} \qquad 9.5$$

$\sqrt{\overline{I^2}} = I_{r\,ms.} = I^1 =$ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ವರ್ಗಮೂಲದ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ (root-mean square value).

$$\text{ಆಗ } I^1 = \sqrt{\overline{I^2}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 0{\cdot}707\ I_0 \qquad 9.6$$

I^1 ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಮಿಥ್ಯಾಪ್ರವಾಹದ ಮೌಲ್ಯ (virtual current) ಎಂದೂ ಕರೆಯುವುದುಂಟು. ಆಗ $I^1 = I$ ಮಿಥ್ಯಾ $= \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ ($I_0 = I_{max} = I$ಯ ಶೃಂಗಮೌಲ್ಯ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗಳನ್ನು ಅಳೆಯುವಾಗ,

$$E = E_0 \text{ Sin } pt$$

$\overline{E^2} =$ E^2ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆವರ್ತದ ಮೌಲ್ಯ $= \frac{1}{2} E_0^2$

$E^1 = \sqrt{E^2} = E_{r.m.s.} =$ E ಯ r.m.s. ಮೌಲ್ಯ $= \frac{E_0}{\sqrt{2}}$

$= 0{\cdot}707\ E_0. E^1 - E$ ಮಿಥ್ಯ ಎಂದೂ ಕರೆಯಬಹುದು, 9.7

A.C. ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ P = ಪವರ್ (Power) ಆದರೆ, (P =

$P_{r.m.s.} =$ P ಯ r.m.s. ಮೌಲ್ಯ $= \frac{P_{max}}{2}$ 9.8

$$\therefore\ P_{max} = 2\ P_{r.m.s.} \qquad 9.8$$

$I^1 = I_{r.m.s.}$ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು 'ಪರಿಣಾಮಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ' (Effective Current) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 9.3 ದಲ್ಲಿ (OK) ಎಂದು ತೋರಿಸಿದೆ, KL ರೇಖೆಯು OX ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ $I_0/\sqrt{2}$ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿದೆ.

ಈಗ $I_{D.C.}$ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಒಂದು D.C. ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಇದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಉಷ್ಣದ ಪರಿಣಾಮವು I_{DC}^2 ಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಈ D.C. ಮಂಡಲದ $I_{D.C.}$ ಪ್ರವಾಹವು, $\sqrt{\overline{I^2}}$ ಗೆ ಸಮಾನವಾದ A.C. ಪರಿಣಾಮಿ ಪ್ರವಾಹವೂ ಒಂದೇ

ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಮಿಥ್ಯಾ ಆಂಪಿಯರ್ ಮತ್ತು ಮಿಥ್ಯಾ ವೋಲ್ಟ್ ಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನಂತೆ ವಿವರಿಸಬಹುದು. $I_{A.C.}$ $I^1 = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$

ಮಿಥ್ಯಾ ಆಂಪಿಯರ್ (Virtual ampere)

ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ D.C. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದು ಮಿಥ್ಯಾ ಆಂಪಿಯರ್ ಆಗಿರಬೇಕಾದರೆ, ಅದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಉಷ್ಣವು, ಅದೇ ಪ್ರಮಾಣದ AC ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಉಷ್ಣಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರಬೇಕು.

ಮಿಥ್ಯಾ ವೋಲ್ಟ್ (Virtual Volt)

A. C. ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಉಷ್ಣಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗುವ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು D.C. ಪ್ರವಾಹವು ಹೊಂದಿರಬೇಕಾದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ ಪ್ರಮಾಣ (P.D.)ಕ್ಕೆ ಮಿಥ್ಯಾವೋಲ್ಟ್ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಈ ರೀತಿಯ ವಿವರಣೆಯ ಉಪಯೋಗವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಸೂಕ್ತವಾದ ಉಪಕರಣವನ್ನು (ವೋಲ್ಟ್ ಮಾಪಕ ಅಥವಾ ಆಂಪಿಯರ್ ಮಾಪಕ) D.C. ಯಂತ್ರವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಅದರ ಸೂಚ್ಯಾಂಕಗಳನ್ನು ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಕ್ರಮಾಂಕಗೊಳಿಸಿದರೆ (Calibrated) ಇದೇ ಉಪಕರಣವನ್ನು A.C. ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವಾಗ ಅವುಗಳು ಮಿಥ್ಯಾವೋಲ್ಟ್‌ಗಳನ್ನು ಮಿಥ್ಯಾ ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುವಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ವೋಲ್ಟ್ ಅಂದರೆ, ಮಿಥ್ಯಾವೋಲ್ಟ್ = ·707 x ಶೃಂಗವೋಲ್ಟ್ ಎಂದು ಅರ್ಥ.

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸುವ ಕಾದ-ತಂತಿ (hot-wire type) ಯ ಮಾದರಿಯ ಉಪಕರಣಗಳು, ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ತತ್ವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉಷ್ಣ-ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕಗಳು (thermo-galvanometers) A.C. ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಅಳೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ.

9.4 ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶದ ಮೂಲಕ A.C. ಪ್ರವಾಹ

ವಿದ್ಯುತ್-ವಾಹಕಗಳ ಮೂಲಕವೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲಗಳಲ್ಲಿಯೂ D.C. ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವಾಗ, ಓಂ ಸೂತ್ರ ಮತ್ತು ಕಿರ್‌ಹಾಫ್ ನಿಯಮಗಳು ಅನ್ವಯವಾಗುವುದನ್ನು ತಿಳಿಸಿದ್ದಾಗಿದೆ. ಆದರೆ, A.C. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿ

ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳೂ e.m.f. ಗಳೂ, ಮೌಲ್ಯದಲ್ಲಿಯೂ, ನೆಲೆಯಲ್ಲಿಯೂ (value & phase) ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಾವು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲಗಳಲ್ಲಿ ರೋಧಗಳನ್ನೇ ಅಲ್ಲದೆ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕಗಳನ್ನೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹಕೋಶಗಳನ್ನೂ (inductances and condensers) ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. A.C. ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಂಡಲಗಳಲ್ಲಿ ಓಂ ಮತ್ತು ಕಿರ್ಚಾಫ್ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳೊಂದಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನಾವು A.C. ಪ್ರವಾಹದ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಮೊದಲು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾದ, R,L,C ಅಂಗಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಿ, ಅನಂತರ ಎಲ್ಲವನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡ ಕ್ಲಿಷ್ಟಮಂಡಲದ ರಚನೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ಈ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿ

$$E = E_0 \ \mathrm{Sin}\ pt = E_0 \ \mathrm{Sin}\ \theta \qquad 9.9$$

ಇದನ್ನು R ರೋಧದ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ

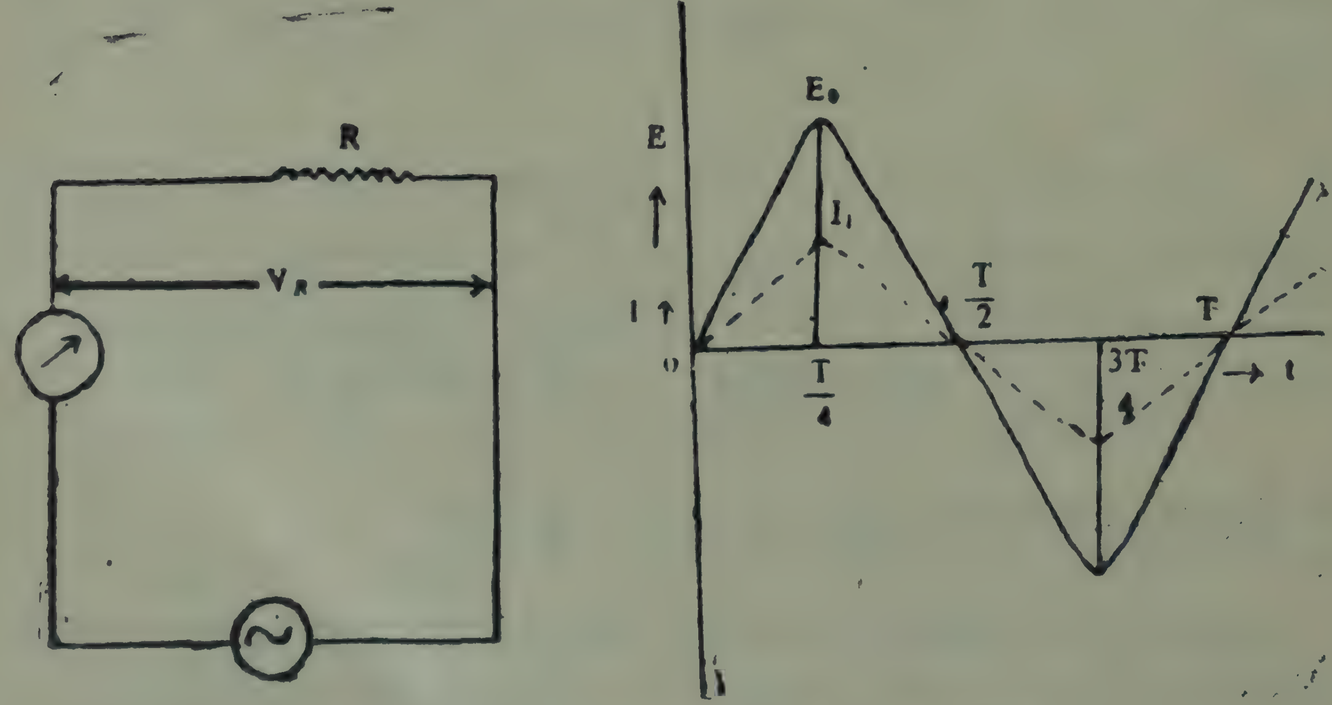
$$I = \frac{E}{R} = \frac{E_0}{R} \ \mathrm{Sin}\ pt = I_0 \ \mathrm{Sin}\ pt = I_0 \,.\, \mathrm{Sin}\ \theta \qquad 9.10$$

ಇಲ್ಲಿ $p = 2\pi f$: f = ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆ (frequency)

$\theta = pt = 2\pi f t$ = ನೆಲೆಕೋನ (phase angle).

$$t = \frac{\theta \text{ (ರೇಡಿಯನ್)}}{p} \qquad 9.11$$

9.9 ಮತ್ತು 9.10 ಸಮೀಕರಣಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ I – t; E – t; ಸಂಬಂಧ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎಳೆದರೆ, ಅವು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಂತೆ ಇರುತ್ತವೆ.



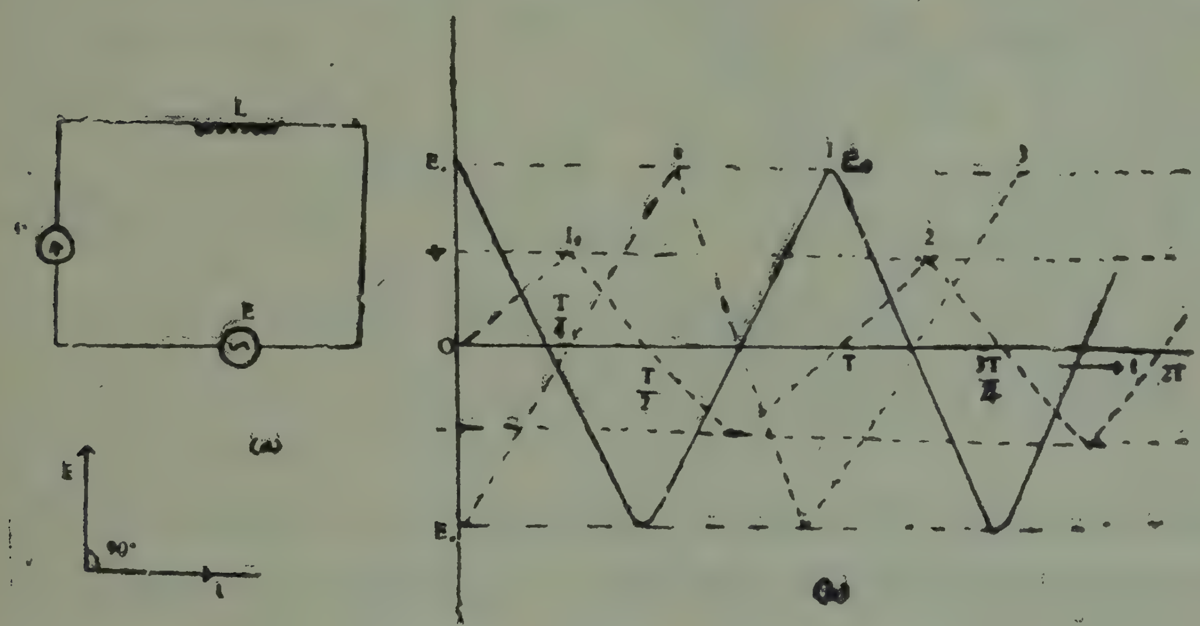
ಚಿತ್ರ 9.4 ರೋಧದ್ರುವ ಮೂಲಕ A.C. ಪ್ರವಾಹ

I ರೇಖೆಯು E−t ಮತ್ತು II ರೇಖೆಯು I−t ಸಂಬಂಧ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ಕಾಣುವುದೇನೆಂದರೆ, ಎರಡರ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಒಂದೇ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇದ್ದು, ಶೃಂಗಮೌಲ್ಯಗಳು E_0 ಮತ್ತು I_0 ಗಳು ಮಾತ್ರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಇವುಗಳೆರಡರ ನೆಲೆಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, E_0 ಮತ್ತು I_0ಗಳು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಹಾಗೂ, $E = 0$ ಆದಾಗ $I = 0$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಒಂದೇ ನೆಲೆ (same phase) ಯಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ.

9.5 ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕದ (L) ಮೂಲಕ A.C. ಪ್ರವಾಹ

ಈಗ ಈ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕ ಸುರಳಿಯ ರೋಧವು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿದ್ದು ಗಣನೀಯವಲ್ಲವೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. L ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುತ್ತಿರುವಾಗ,



ಚಿತ್ರ 9.5 L ಮೂಲಕ A.C. ಪ್ರವಾಹ

ಸ್ವಪ್ರಚೋದನೆಯಿಂದ ವಿರೋಧ e. m. f. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ವೃದ್ಧಿ ಮತ್ತು ಇಳಿತಗಳೆರಡನ್ನೂ ವಿರೋಧಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಅದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಸಾಗಬೇಕಾದರೆ, ನಾವು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ e. m. f. ಪ್ರಮಾಣವು ಪ್ರೇರಿತ ವಿರೋಧ e. m. f. ಅಷ್ಟಾದರೂ ಇರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

E = ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ e m f $= E_0 \sin pt$.

L = ಸ್ವ.ಪ್ರ.ಚೋದಕತ್ವ.

e = ಪ್ರೇರಿತ (ವಿರೋಧ) e m f (t ಸಮಯದಲ್ಲಿ) $= L \cdot \frac{dI}{dt}$

$$\therefore L \cdot \frac{dI}{dt} = E_o \sin pt.$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{E_o}{L} \sin pt.$$

ಎರಡು ಕಡೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಚಲನಕ್ರಿಯೆ ಮಾಡಿದರೆ

$I = \frac{-E_o}{pL} \cos pt + k$ (K = ನಿಯತಾಂಕ,

ಎಲ್ಲ ಸಮಯಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿ ಇರಬೇಕಾದರೆ $K = o$

$$I = \frac{-E_o}{Lp} \cos pt = \frac{E_o}{Lp} \sin (pt - \pi/2),$$

$$= I_o \sin (pt - \pi/2) \qquad 9.12$$

$$I_o = \frac{E_o}{Lp} \qquad 9.13$$

$$E = E_o \sin pt$$
$$I = I_o \sin (pt - \pi/2)$$

ಈ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ನಾವು ತಿಳಿಯಬಹುದಾದುದೇನೆಂದರೆ: ಯಾವ ಸಮಯದಲ್ಲಿಯಾದರೂ (t ಗೆ ಒಂದು ಮೌಲ್ಯದಲ್ಲಿ) I, E ಗಿಂತ $\pi/2$ ನೆಲೆ ಹಿಂದಿರುತ್ತದೆ. (lags $\pi/2$ in phase). ಇದನ್ನೇ ಚಿತ್ರ 9.5 (b)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. (1) ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ $E = E_o$ ಶೃಂಗವಾಗಿರುವಾಗ, (2) ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ $I = 0$ ಆಗಿಯೂ $E = 0$ ಆದಾಗ, $I = I_o$ ಶೃಂಗಮೌಲ್ಯವನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

(3) ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ e = ಪ್ರೇರಿತ ವಿರೋಧ e. m. f. ಹೇಗೆ **ಬದಲಾವಣೆ**ಗಳನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನೋಡಬಹುದು. 0 ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ $E = E_o$ $I = O$ ಆಗಿರುವಾಗ, $E = -E_o$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, E ಗೂ e ಗೂ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು π ಆಗಿದ್ದು e, E ಗಿಂತ π ಹಿಂದಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, I, E ಗಿಂತ $\pi/2$ ಹಿಂದಿರುವುದರಿಂದ, eಯು I ಗಿಂತ $\pi/2$ ಹಿಂದಿದ್ದಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ. (1) (2) (3) ಸಂಬಂಧ ರೇಖೆಗಳು ಇವುಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತವೆ.

ಈಗ 9.12 ಮತ್ತು 9.13 ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ,

ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ I ಹೊಂದುವ r. m. s ಮೌಲ್ಯವು $\frac{I^o}{\sqrt{2}}$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ, $I_{r.m.s.} = \frac{E_0}{Lp} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{Lp} = E_{r.m.s.} \frac{1}{Lp}$ 9.14

ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಓಂ ಸೂತ್ರದೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿ

$$I_{r.m.s.} = \frac{E_{r,m.s.}}{X_L} \qquad 9.15$$

ಎಂದು ಬರೆದರೆ $X_L = Lp = 2\pi f L = \frac{E_{r.m.s.}}{I_{r.m.s.}}$ 9.16

ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, L ಗೆ ಬದಲು ನಾವು ಒಂದು ರೋಧ (X_L) ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಆಗ X_L ಎಂಬುದನ್ನು Lಗೆ ಸಮಾನವಾದ ರೋಧವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ರೋಧವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕ ಪ್ರತಿರೋಧ (Inductive Reactance) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಆಗ, 9.16 ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ $X_L = 2\pi pL$ ಆಗಿ, ಇದರ ಮೌಲ್ಯವು L ಮತ್ತು A.C.ಯ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆ f ಅನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. L ಹೆನ್ರಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ, f (ಆವರ್ತ/ಸೆಕೆಂಡ್) ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ, X_L ಓಂಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಸದಿಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು (vectors) ನಿರೂಪಿಸುವ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (9·15b) I ಮತ್ತು Eಗಳನ್ನು ಲಂಬರೇಖೆಗಳಂತೆ ತೋರಿಸಿದೆ. I ಮತ್ತು Eಗಳ ನಡುವಣ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಆಯಾ ರೇಖೆಗಳ ನಡುವಣ ಕೋನದಂತೆ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು I ರೇಖೆಯಿಂದ ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿ [counter-clock-wise] 90° ಹೋದರೆ E ರೇಖೆಯು ಬರುವುದರಿಂದ E Iಗಿಂತ 90° ಮುಂದು ಇದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥ. ಹೀಗೆಯೇ ಪ್ರದಕ್ಷಿಣ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹಿಂದಿರುವುದನ್ನು ಸೂಚಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

9.6 ಪ್ರತಿರೋಧಕ ಕುಂಡಲಿ (Choke Coil)

ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ (A.C.) ಮಂಡಲಗಳಲ್ಲಿ, ಪ್ರವಾಹದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಅಡಚಣೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕ ಸುರಳಿಗೆ ಪ್ರತಿರೋಧಕವೆಂದು ಹೆಸರು.

9.16 ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ, L ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕಕ್ಕೆ ಸಮಾನರೋಧವು X_L ಆಗಿ,

$X_2 = 2\pi fl$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಇದು A.C. ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ನಿರೋಧಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಅಡಚಣೆಯನ್ನು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ, f ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಇಂಥ ಒಂದು ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕ ಸುರಳಿಯು A.C. ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಅಡಚಣೆಯನ್ನು ತಂದರೂ, ಅದರ ಮೂಲಕ D.C ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯಬಹುದು.

ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಇನ್‌ಸುಲೇಟ್ ಮಾಡಿರುವ ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯನ್ನು ಮೆದುಕಬ್ಬಿಣದ ಆಧಾರವಸ್ತು (Soft iron former) ವಿನ ಮೇಲೆ ಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಆಧಾರವಸ್ತುವು ಪರೆಪರೆಯಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ತೆಳುವಾದ ಹಾಳೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇರಬಹುದು. ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯನ್ನು ಅಡಗಿಸಿದರೆ, ಉಷ್ಣದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇಂಥ ಒಂದು ನಿರೋಧಕ ಸುರಳಿಯ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವವು (L) ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮಾದರಿಗಳಿವೆ. ಒಂದು (H.F.C) (ಹೆಚ್ಚು ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆ ಕಡೆ) ಯಾಗಿದ್ದು ಇದು f ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ACಗೆ ಅಡಚಣೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು (L.F.C.) (Low Frequency Choke) ಆಗಿದ್ದು ಅದರ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವವೇ (L) ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು, ಅದು ಕಡಮೆ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯ A.C.ಗೂ ಪ್ರತಿಬಂಧಕವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ H.F.C. ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯೇ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಾಗಿಯೂ, L.F.C ಯಲ್ಲಿ ಕಬ್ಬಿಣದ ಆಧಾರ ವಸ್ತುವನ್ನೂ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯನ್ನಾಗಿಯೂ ಹೊಂದಿರಬಹುದು. ಒಂದು ಸುರಳಿಯ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವ (L)ವು 0·01 ಹೆನ್ರಿಯಾಗಿದ್ದರೆ,

$f = 10^6$ c.p.s (ರೇಡಿಯೋ) ಆದರೆ, $X_L = 2\pi \times 10^6 \times 0.01$
$= 62{,}800$ ಓಂ

$f = 10^3$ c.p.s ಆದರೆ, $X_L = 62.8$ ಓಂ

$f = 50$ c.p.s ಆದರೆ, $X_L = 3.4$ ಓಂ ಆಗುವುದು.

ಈ ಪ್ರತಿರೋಧಕದ ಕೆಲವು ಉಪಯೋಗಗಳು

(i) D.C. ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ರೋಧಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವಾಗ, ಆ ರೋಧವನ್ನು ಕಾಯಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಶಕ್ತಿಯು ವ್ಯಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, A.C. ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರತಿರೋಧಕ (Choke) ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಕಡಮೆ ಮಾಡುವಾಗ, ಅದು A.C ಕೋಶದಿಂದ ಯಾವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ. ಆದಕ್ಕೆ L ಮಾತ್ರ

ಇದ್ದು, R ಪ್ರಮಾಣ ಬಹಳ ಗಣನೀಯುವಲ್ಲದಂತಿರಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ. ಈಗ ಚಿತ್ರ [9.25 (b)] ವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಮೊದಲು ಕಾಲು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ($\frac{1}{4}$ cycle) Eಯು E_o ಇಂದ Oಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಆಗ Iಯು O ಇಂದ I_oಗೆ ಏರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಇವೆರಡು ಧನಮೌಲ್ಯ (+) ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳ ಲಬ್ಧ (EI)ವು ಪವರ್‌ಗೆ ಸಮನಾಗಿದ್ದು ಅದೂ + ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದಾದ ಮೇಲೆ ಮುಂದಿನ $\frac{1}{4}$ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ Eಯು O ಇಂದ $-E_o$ಗೆ ಇಳಿದು, Iಯು I_o ಇಂದ ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ E – VE ಆಗಿಯೂ, I + ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದು ಇವುಗಳ ಲಬ್ಧವು – ಅಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಸುರಳಿಯಿಂದ ಮೂಲ ಕೋಶಕ್ಕೆ ಪವರ್ ಕೊಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಒಂದು ಅರ್ಧ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ಮೂಲದಿಂದ ಎಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ರೋಧ (R) ದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಶಕ್ತಿಯು ನಾಶವಾಗಬಹುದೇ ಹೊರತು, ಬರೀ ಪ್ರತಿರೋಧಕದ ದೆಸೆಯಿಂದ ಯಾವ ಶಕ್ತಿಯೂ ವ್ಯಯವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದನ್ನು ವಾಟ್-ರಹಿತ (Watt-less) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಇದನ್ನೇ ಸಮೀಕರಣದ ಮೂಲಕ ತೋರಿಸಬಹುದು, ಅದು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.

$$E = E_o \cdot \text{Sin}\ pt.$$

$$I = \frac{-E_o}{LP} \text{Cos}\ pt$$

ಆದ್ದರಿಂದ P = ಪವರ್ $= EI = -\frac{E_o{}^2}{LP} \cdot \text{Sin}\ pt.\ \text{Cos}\ pt.$

$$= -\tfrac{1}{2}.\ \frac{E_o{}^2}{LP}.\ \text{Sin}\ 2\ pt = -\tfrac{1}{2}\ \frac{E_o{}^2}{LP} \cdot \text{Sin}\ 2\ \theta\ (\theta = pt)$$

$\therefore$ (ಸರಾಸರಿ ಪವರ್) $\overline{P} = -\frac{E_0^2}{4\pi\ fl} \int_0^{2\pi} \text{Sin}\ 2\ \theta = \frac{E_o{}^2}{4\pi\ f l}$

$$\left[\tfrac{1}{2}\ \text{Cos}\ 2\theta\right]_o^{2\pi} = 0. \qquad 9{\cdot}17$$

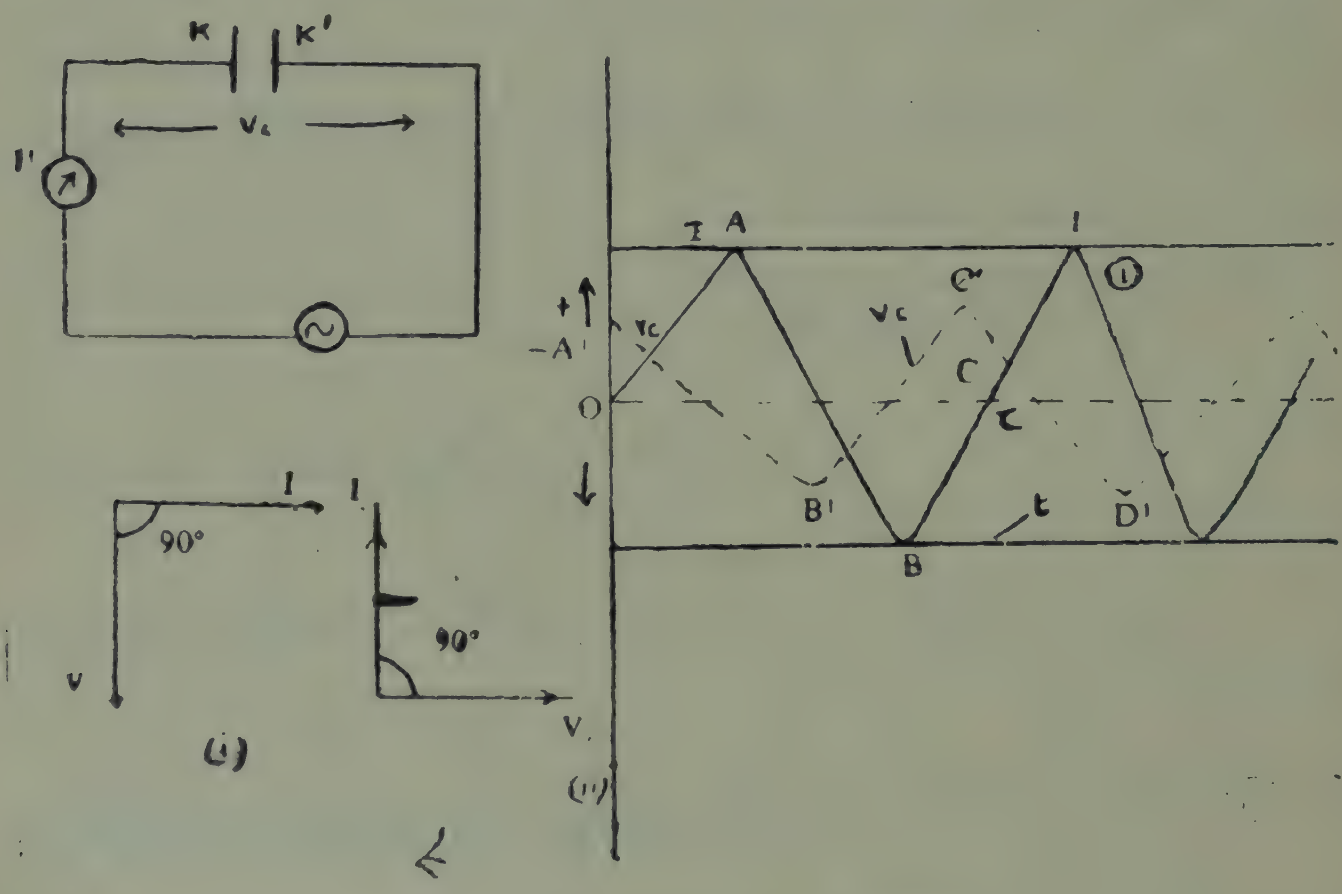
ಆದ್ದರಿಂದ ಬರೀ L ಮಾತ್ರ ಇರುವ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಸರಾಸರಿ ಪವರ್ ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ವಾಟ್–ರಹಿತ–ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ (Watt-less current) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದೇ ಪ್ರತಿರೋಧಕದ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಮುಖ್ಯ

ತತ್ವ. A.C. ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಣ ಮಾಡುವುದು ಪ್ರತಿರೋಧಕದಿಂದಲೇ ಸಾಧ್ಯ.

ಈ ಪ್ರತಿರೋಧಕ ಸುರಳಿಗಳು ರೇಡಿಯೋ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ.

9·7 ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಮೂಲಕ A.C. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ

A.C. ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಂಡಲಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶ (Condenser)ದ ಪಾತ್ರವು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದುದು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ನೋಡಿದರೆ, ಎಲ್ಲ ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳೂ ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದಂತೆಯೇ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಭೂಮಿ ಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ, ಒಂದು ಇನ್‌ಸುಲೇಟ್ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ತಂತಿಯೂ, ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ಏರಿಯಲ್ (aerial) ನಂತೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ತಂತಿಯೂ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಒಂದು ಫಲಕದಂತೆ ಇದ್ದು, ಭೂಮಿಯೇ ಮತ್ತೊಂದು ಫಲಕದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (9.6) ತೋರಿಸಿರುವ A.C. ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ C ಸಂಗ್ರಹ



ಚಿತ್ರ 9.6 C–ಮೂಲಕ A. C. ಪ್ರವಾಹ

ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (capacity) ವುಳ್ಳ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದ ಫಲಕಗಳಾದ K_1K^1 ಗಳನ್ನು A.C. ವಿದ್ಯುತ್‌ಮೂಲಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ, ಅದರಿಂದ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ (applied E.M.F.) e.m.f E ಆಗಿರಲಿ. ಈ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ

ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಒಂದು ಸೂಕ್ತಮಾಪಕ ಉಪಕರಣದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದರೆ ಅದು ತೋರಿಸುವ ಅಳತೆಯು $I_{r.m.s.}$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

A.C. ವೋಲ್ಟೇಜನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಕೋಶಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ, ಅದು ಮೊದಲು ಒಂದು ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ, ಆಮೇಲೆ ಅದರ ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಮುಂದಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನದಿಂದ, ಒಂದು A.C ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಸಂಗ್ರಹಕೋಶ ಮತ್ತು ತಂತಿಗಳ ಮೂಲಕ ವಹನವಾಗುತ್ತದೆ. ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ವೋಲ್ಟೇಜ್ ಒಂದು ಶೃಂಗವೌಲ್ಯವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದರೆ ಅದು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ, ಅದರೊಳಗೆ ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುವುದಿಲ್ಲ. ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ C ಆಗಿಯೂ, ಅದರ ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವೂ ಇದ್ದು,

$E = E_0 \text{ Sin } pt$ ಆಗಿರಲಿ.

ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಸಮಯದಲ್ಲಿ (t) ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣವು Q ಆದರೆ, ಆಗ ಅದರ ನಡುವಣ e.m.f = Q/C.

$$\therefore \frac{Q}{C} = E_0 \text{ Sin } pt; \quad Q = E_0 C \cdot \text{Sin } pt \qquad 9.18$$

t ಸಮಯದಲಿ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು I ಆದರೆ

$$I = \frac{dQ}{dt} = p\, E_0 . C \text{ Cos } pt.$$

$$= \frac{E_0}{1/pC} \text{ Cos } pt = \frac{E_0}{1/pc} \text{ Sin } (pt + \pi/2) \qquad 9.19$$

$I = I_0 . \text{Sin } (pt + \pi/2)$ (I_0 = ಶೃಂಗವೌಲ್ಯ) 9.20

t = O ಆದಾಗ, $I = I_0$ [ಶೃಂಗ]

ಆದರೆ $E = E_0 \text{ Sin } pt$ [t = 0, E = 0] 9.21

ಈ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವು ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ e.m.f (E) ಗಿಂತ $\pi/2$ ನೆಲೆ

ಯಲ್ಲಿ ಮುಂದಿರುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ (9.6) (a)ದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ. V_e ಇಂದ 1ಗೆ ಹೋಗಬೇಕಾದರೆ 90 ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿ ಹೋಗಬೇಕು. (b) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿಯೂ I – t ಮತ್ತು E – t ರೇಖೆಗಳನ್ನು $A^1B^1C^1D^1$ ಮತ್ತು OABCD ಗಳ ಮೂಲಕ ತೋರಿಸಿದೆ. $t = 0$ ಆಗಿರುವಾಗ, $I = I_0$ ಆಗಿದ್ದು, $E = 0$ ಆಗಿರುವುದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ.

9.18 ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ $1/pc$ ಯನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದ ರೋಧದಂತೆ ಗಣನೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದನ್ನು X_c ಎಂದು ಕರೆದರೆ,

$$X_c = \frac{1}{pc} = \frac{1}{2\pi\ fc} \quad (\text{C ಫಾರಡ್, } X_c = \text{ಓಂ}) \qquad 9.22$$

= ಸಂಗ್ರಾಹಕ ಪ್ರತಿರೋಧ (Capacitive Resistance)

ಹಿಂದೆ L ಮಂಡಲಿಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಇಲ್ಲಿ C– ಮಂಡಲದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಅಲ್ಲಿ X_L ಪ್ರತಿರೋಧವು ಇದ್ದಾಗ, E ಯು I ಗಿಂತ 90° ಮುಂದಿದೆ. ಇಲ್ಲಿ X_c ಪ್ರತಿರೋಧವು ಇರುವಾಗ Eಯು I ಗಿಂತ 90° ಹಿಂದಿದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಸದಿಶ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳು ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ ತೋರಿಸಬೇಕು. $X_c = \frac{1}{2\pi fc}$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, f ಹೆಚ್ಚಾದರೆ, X_c ಕಡಮೆಯಾಗಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಸಂಗ್ರಹಕೋಶವು ಇಂಥ A.C ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹಗಳಿಗೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಹಾದಿಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ (By-pass Condenser) ಉಪಹಾದಿ ಸಂಗ್ರಹಕೋಶ ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು. ಹಾಗೆಯೇ f ಕಡಮೆಯಾದಾಗ, Xc ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಬಹಳ ತಡೆ ಬರುತ್ತದೆ. $f = 0$ ಆದರೆ, ಅಂದರೆ D.C. ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ $X_c = \infty$ ಆಗಿ, ಇದನ್ನು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ತಡೆಗಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕೆ ತಡೆಹಿಡಿಯುವ ಸಂಗ್ರಹಕೋಶ (Blocking Condenser) ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು.

$f = 50$ c.p.s. $C = 2 \times 10^{-6}$ ಫಾರಡ್ ಆದರೆ, $X_c = \frac{1}{2\pi .50.10^{-6}}$

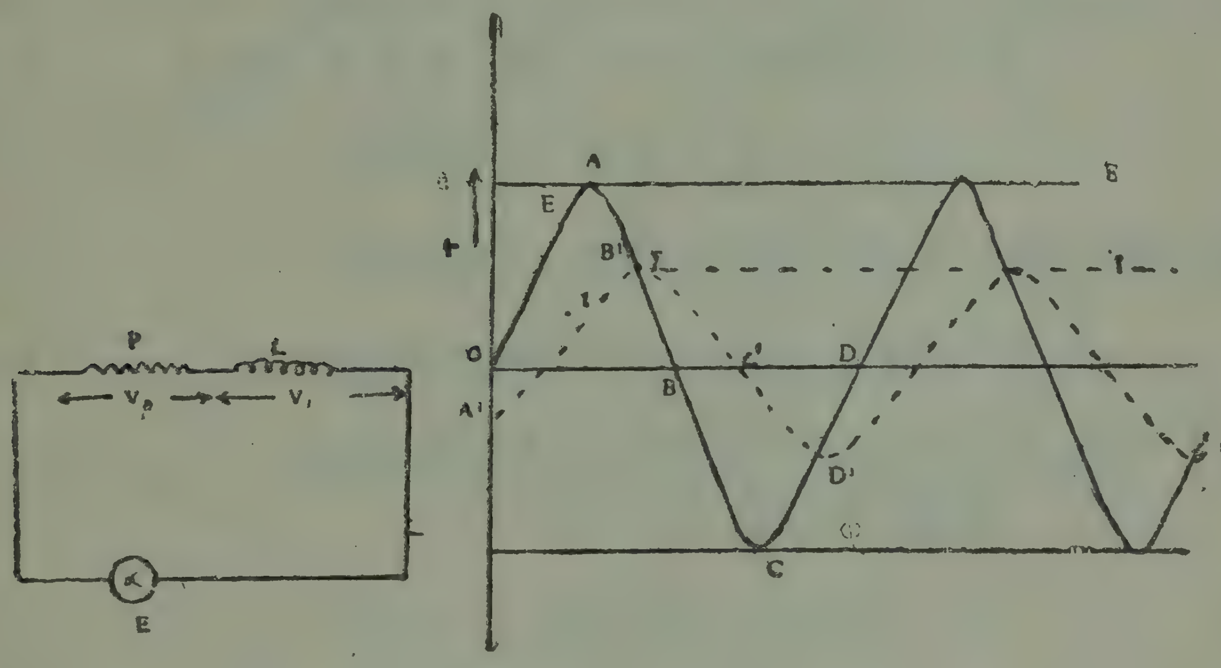
$$= \frac{10^4}{\pi} \text{ ಓಂ}$$

$f = 5000$ c.p.s. $C = 2 \times 10^{-6}$ ಫಾರಡ್ ಆದರೆ, $X_c = \frac{100}{\pi}$ ಓಂ ಆಗಬೇಕು.

A.C. ಯನ್ನು D.C. ಇಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಸಂಗ್ರಹಕೋಶವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಫಲಕಗಳ ಮೂಲಕ ಇರುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಶಕ್ತಿನಷ್ಟವು ಇಲ್ಲವೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಕಾಗದವು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಾಗಿದ್ದರೆ, ನಷ್ಟವು ಗಣನೀಯವಾಗುತ್ತದೆ.

9·8 R–L ಮಂಡಲದ ಮೂಲಕ A.C. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ

(a) ಇದುವರೆವಿಗೂ A.C. ಪ್ರವಾಹವು R,L,C, ಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಿದ್ದಾಯಿತು. ಈಗ, R,Lಗಳು ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಂಡಲದ ಮೂಲಕ A.C. ಪ್ರವಾಹದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು.



ಚಿತ್ರ 9.7 B.C. ಮಂಡಲಿ (A.C.)

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (9.7) ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, R,L ಗಳು ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿದ್ದು ಅವುಗಳನ್ನು A.C. ವಿದ್ಯುತ್ ಮೂಲಕ Eಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದೆ. ಇದರ ಮೂಲಕ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು I ಆಗಿರಲಿ.

t ಸಮಯದಲ್ಲಿ $I = I_0 \sin pt$ ಆಗಿರಲಿ.

L ನಲ್ಲಿ ಪ್ರಚೋದಿತವಾಗುವ ಪ್ರೇರಿತ e.m.f. e ಆದರೆ

$$e = -L.\frac{dI}{dt}.$$

ಇದು ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ E.M.F ಗೆ ವಿರೋಧವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಪರಿಣಾಮಿ

(effective e.m.f) e.m.f ಯಾವಾಗಲೂ E ಗಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿದ್ದು ಅದು E^1 ಆದರೆ

$$E^1 = E - L\frac{dI}{dt}$$

ಓಂ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ $I = \frac{E^1}{R} = \frac{E - L\, dI/dt}{R}$ (L ಗೆ ಯಾವ ರೋಧವೂ ಇಲ್ಲ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿದೆ)

$$I = I_0 \operatorname{Sin} pt$$

$$\frac{dI}{dt} = pI_0 \cos pt$$

$$\therefore \quad E - L\,p\,I_0 \operatorname{Cos} pt = I\,R = I_0 R \operatorname{Sin} pt \qquad 9.22$$

$$\therefore \quad E = I_0 R \operatorname{Sin} pt + L\,p\,I_0 \operatorname{Cos} pt.$$

ಈಗ ಇದನ್ನು $E = A \operatorname{Sin} (pt + \phi$ ಎಂದು ಬರೆದರೆ

$$E = A \operatorname{Sin} pt \cos\phi + A \operatorname{Cos} pt.\sin\phi \qquad 9.23$$

9.22 ಮತ್ತು 9.23 ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಸಮನ್ವಯಿಸಿದರೆ,

$$A \operatorname{Sin}\phi = L\,p\,I_0$$

$$A \operatorname{Cos}\phi = I_0 R$$

$$\tan\phi = \frac{Lp}{R} \qquad 9.24$$

$$\text{ಮತ್ತು } A^2 = (L^2 p^2 + R^2)\, I_0^2$$

$$A = I_0 \sqrt{L^2 p^2 + R^2} \qquad 9.25$$

ಆದ್ದರಿಂದ $E = I_0 \sqrt{R^2 + L^2 p^2} \operatorname{Sin} (pt + \phi)$

$(pt +)\, \phi = \pi/2$ ಆದರೆ, $E = I_0 \sqrt{R^2 + L^2 p^2} = E_0$ (ಗರಿಷ್ಠ) 9.26

$$E = E_0 \operatorname{Sin} (pt + \phi)$$

ಮತ್ತು $I = I_0 \operatorname{Sin} pt$

ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿದರೆ, I. E ಗಿಂತ ϕ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಹಿಂದಿರುತ್ತದೆ. (lags by ϕ behind E)

ಇಲ್ಲಿ $\phi = \tan^{-1} \frac{Lp}{R}$ ಮತ್ತು

$$\cos \phi = \frac{I_0 R}{A} = \frac{I_0 R}{I_0 \sqrt{L^2 p^2 + R^2}} = \frac{R}{\sqrt{L^2 p^2 + R^2}} \quad 9.27$$

$\cos \phi$ = ಮಂಡಲದ ಪವರ್ ಅಪವರ್ತನ (Power Factor)

$E_0 = I_0 \sqrt{R^2 + L^2 p^2}$ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು

$E_0 = I_0 \cdot Z$ ಎಂದು ಬರೆದರೆ, Z = ನಿರೋಧಕತ್ವ $= \sqrt{R^2 + L^2 p^2}$ 9.28

$Lp = 2\pi f L$ = ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕ ಪ್ರತಿರೋಧ [Inductive Resistance] 9.29

ಮೇಲೆ ನಿರೂಪಿಸಿದ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು

$E = E_0 \sin pt$ ಎಂದು ಬರೆದರೆ 9·30

$I = I_0 \sin (pt - \phi)$ ಆಗುತ್ತದೆ. 9·31

ಇದರ ಗುಣವೇನೆಂದರೆ $t = 0$ ಆದಾಗ $E = 0$, $I = I_0 \sin (pt - \theta)$

ಆದರೆ, $I = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + L^2 p^2}} \sin (pt - \phi)$

t ಸಮಯದಲ್ಲಿ $\frac{E}{I} = \frac{E_0 \sin pt}{I_0 \sin(pt - \phi)} = \frac{\sqrt{R^2 + L^2 p^2} \sin pt}{\sin (pt - \phi)}$

ಆದ್ದರಿಂದ ಇಲ್ಲಿ $\frac{E}{I}$ ನಿಯತವಾಗಿಲ್ಲ, t ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಆದರೆ D.C. ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಓಂ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ E/I = ನಿಯತವಾಗಿರಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ A.C. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿ ಓಂ ನಿಯಮ ಪಾಲಿಸಲ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ. ಚಿತ್ರ [(9-7 (a) ಮತ್ತು (b)]ದಲ್ಲಿ E-t ಮತ್ತು I-t ಗಳನ್ನು ಸಂಬಂಧಪಡಿಸುವ ರೇಖೆಗಳು ತೋರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. $t = 0$ ಆದಾಗ, $E = 0$ ಆದರೆ $I = OA^1$ (ಋಣಮೌಲ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ L.R. ಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಹುದು.

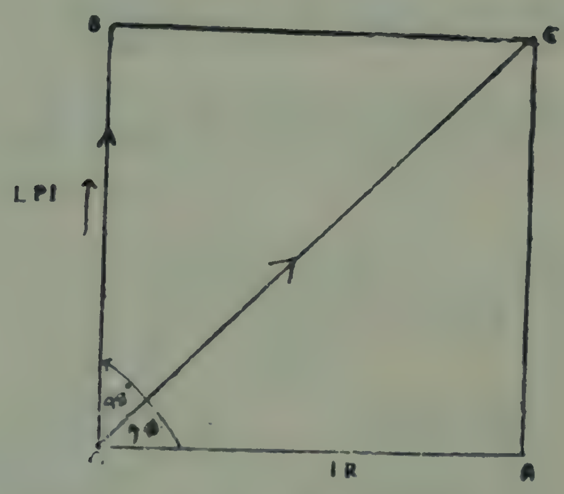
(i) I ಮತ್ತು E ಗಳೆರಡೂ ಸೈನ್ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ (Sinu soidally) ಒಂದೇ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆ $f = \frac{p}{2\pi}$ ಇಂದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದುತ್ತದೆ.

(ii) I ಗೂ E ಗೂ, ϕ ನೆಲೆ ಭೇದವಿದ್ದು, I, E ಗಿಂತ ಹಿಂದಿದ್ದು $\tan\phi = \frac{Lp}{R,}$; $\frac{L}{R}$ ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟು ಈ ಹಿಂಜರಿಕೆ (ϕ) ವು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಗರಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯವು 90° ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

(iii) $I_0 \neq \frac{E_0}{R}$ ಯಾವಾಗಲೂ $I_0 < \frac{E_0}{R}$ ಓಂ ನಿಯಮ ಅನ್ವಯಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

(iv) L= O ಆದರೆ, ϕ =O; Z= R: ಓಂ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ,

(b) ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಸದಿಶವಿಧಾನದಲ್ಲಿ (Vector Method) ಯೂ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 9.8 R-L ಮಂಡಲಿ ಸದಿಶವಿಧಾನ

ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ನಾವು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ e.m.f. (E) ನಿಂದ ಎರಡು ಕೆಲಸಗಳಾಗಬೇಕು.

(a) R ರೋಧದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ (I) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಇರುವ ಅಡ್ಡಿಯನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುವುದು. ಅಂದರೆ ಇದು IR ಆಗಿದ್ದು, I ಹೊಂದಿರುವ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದು ಪವರ್ ಅಂಶ (Power Component) ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ (9.8) ದಲ್ಲಿ $\overrightarrow{OA}$ ಸದಿಶ ಪ್ರಮಾಣದಿಂದ ಉಲ್ಲೇಖಿಸಿದೆ.

(b) L ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಅಡಚಣೆ ತರುವ ವಿರೋಧe.m.f. $\underline{e}$ ಇದು Iಗಿಂದ 90° ಹಿಂದಿರಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ $\overrightarrow{OB}$ ರೇಖೆಯಿಂದ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ. ಇದನ್ನು ವಾಟ್-ರಹಿತ ಅಂಗವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು ನಾವು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ e.m.f. (E) ಪ್ರಮಾಣವು eಅಷ್ಟು ಆದರೂ ಇರಬೇಕು ಎಂದು ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಅಂಗವು Iಗಿಂತ 90° ಮುಂದಿರಬೇಕು (OA ಇಂದ ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿ 90° ತಿರುಗಿದರೆ, OB ಬರುತ್ತದೆ).

ಈಗ, ಸದಿಶಗಳ ಸಮಾನಾಂತರ ಚತುರ್ಭುಜದ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ (Parallelogram of Vectors) $\overrightarrow{OA}$ ಮತ್ತು $\overrightarrow{OB}$ಗಳನ್ನು ಕೂಡಿಸಿದರೆ, $\overrightarrow{OC}$ಯು ಫಲಿತ (e.m.f.) ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವೋಲ್ಟ್ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

$$OD = I\,(R^2+L^2p^2) = \sqrt{OA^2+OB^2}$$

$$OA = IR$$

$$OB = LpI$$

DOA $= \phi$ ಆದರೆ, $\tan\phi = \dfrac{AD}{OA} = \dfrac{Lp}{R}$

ϕ = ODಗೂ Iಗೂ ಇರುವ ನೆಲೆಹಿಂಜರಿತವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. OB ಅಂಗವನ್ನು ವಾಟ್-ರಹಿತ ಅಂಗವೆಂದು ಗಣಿಸಬಹುದು; ಇದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಯಾವ ಶಕ್ತಿಯೂ ಬರುವುದಿಲ್ಲ.

9.9 R–C ಮಂಡಲದ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ A.C. ಪ್ರವಾಹ

ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (a) ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, A.C. ವಿದ್ಯುತ್-ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ e.m.f. = E, ರೋಧ R ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶ (C)ಗಳು ಇವೆ.

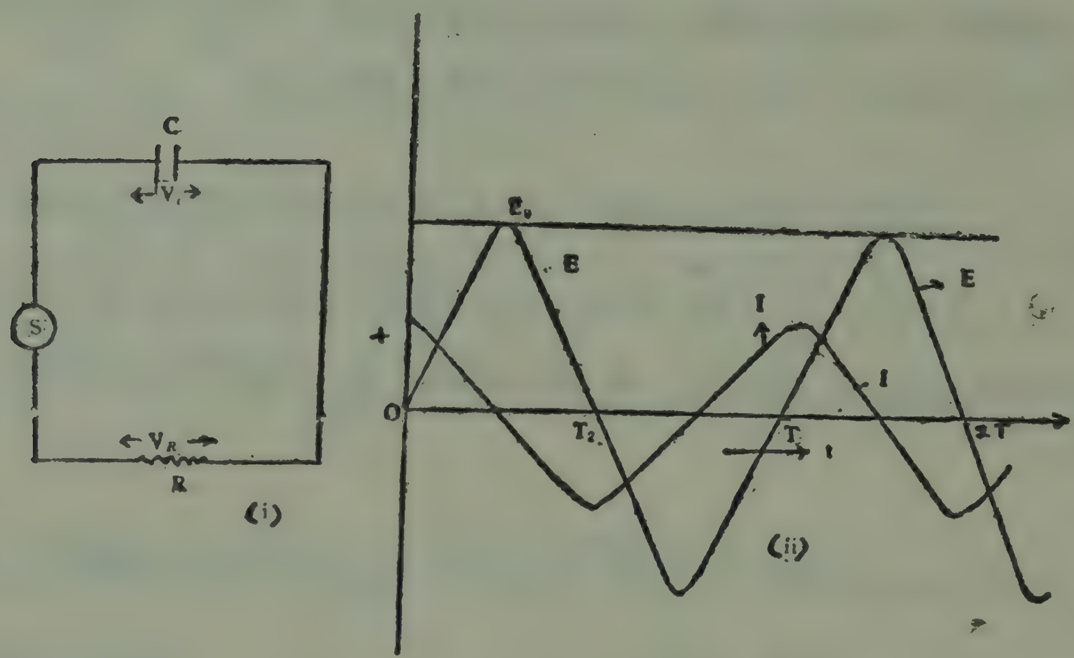
t ಸಮಯದಲ್ಲಿ Cಯಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಣವು Q ಆದರೆ

$Q = IR + Q/C;\ E = E_0 \sin pt$ ಆಗಿರಲಿ. 9.33

ಆಗ $I = I_0 \sin pt$ ಆಗಿರಲಿ

$I = \frac{dQ}{dt}$ ಆಗುವುದರಿಂದ

$$R.\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = E_0 \sin pt \qquad 9.34$$



ಚಿತ್ರ 9.9 R–C ಮಂಡಲ (AC)

$Q = A\cos(pt + \phi)$ ಎಂದು ಬರೆಯೋಣ.

ಆಗ $\frac{dQ}{dt} = -pA\sin(pt+\phi)$

$$\therefore \quad -R.pA\sin(pt+\phi) + \frac{A}{C}\cos(pt+\phi) = E_0 \sin pt$$

$$\therefore \; -RpA(\sin pt\cos\phi + \cos pt\sin\phi) + \frac{A}{C}(\cos pt\cos\phi - \text{Sin } pt \text{ Sin } \phi) = E_0 \text{ Sin } pt$$

$pt = O$ ಆದಾಗ,

$$-RpA\,\text{Sin}\,\phi + \frac{A}{C}\,\text{Cos}\,\phi = O,$$

$$\tan\phi = \frac{1}{RCP};\; \text{Sin}\,\phi = \frac{1}{\sqrt{1+R^2C^2p^2}};$$

$$\text{Cos}\,\phi = \frac{RCp}{1+R^2C^2P^2} \quad pt = \pi/2 \text{ ಆದಾಗ}$$

$$-RPA \cos\phi - \frac{A}{C} \sin\phi = E_0$$

$$E_0 C = -\ CRPA \cos\phi - A \sin\phi$$

ಇದರಿಂದ

$$A = \frac{-CE_0}{\sqrt{1+R^2C^2p^2}} \ ; \ Q = -\ \frac{E_0\, C}{\sqrt{1+R^2C^2p^2}} \cos(pt+\phi) \qquad 9.35$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = -\ \frac{E_0\, Cp}{\sqrt{1+R^2C^2p^2}} \ \sin(pt+\phi\, L)$$

$$\text{ಅಥವಾ}\ I = \frac{E_0}{\sqrt{\frac{1}{C^2p^2}+R^2}} \ \sin(pt+\phi) \qquad 9.36$$

$$\tan\phi = \frac{1}{RCp} \qquad 9.37$$

ಇದರಿಂದ ನಮಗೆ ತಿಳಿಯುವುದೇನೆಂದರೆ,

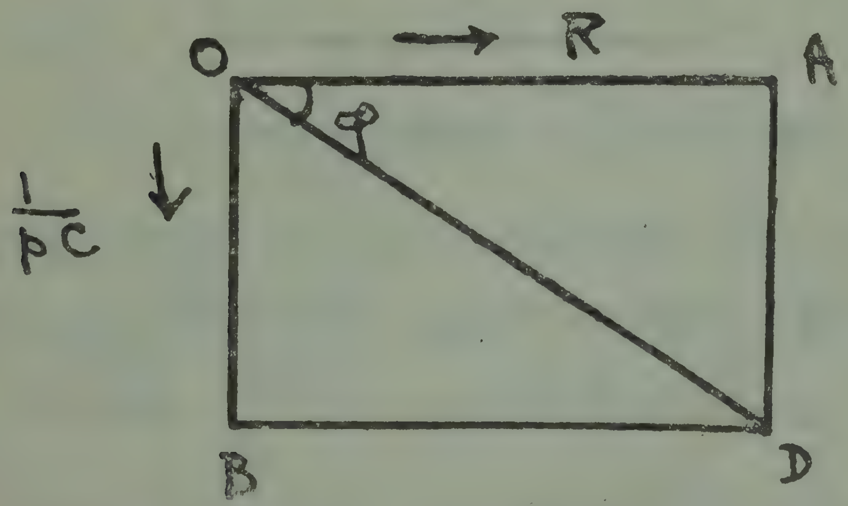
Iಯು Eಗಿಂತ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ (ϕ) ಮುಂದಿರುತ್ತದೆ. (Current leads applied e.m.f. by ϕ

ಇಲ್ಲಿ Z = ನಿರೋಧಕತ್ವವಾದರೆ, $\sqrt{\frac{1}{C^2p^2} + R^2}\ L = Z$ 9.38

R = 0 ಆದರೆ, Z = $Z = \frac{1}{Cp}$

ಸದಿಶ ಚಿತ್ರ (Vector Diagrom)

L- R ಮಂಡಲಿಯ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ, R-C ಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಸದಿ ಚಿತ್ರವನ್ನು ರೂಪಿಸಿದರೆ, ಅದು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸುವಂತೆ ಇರಬೇಕು.



ಚಿತ್ರ 9.10 R.C. ಮಂಡಲ (ಸದಿಶವಿಧಾನ)

ಇದರಲ್ಲಿ OA = R; OB = $\frac{1}{pC}$ ಆದರೆ,

$$OD^2 = \left(R^2 + \frac{1}{p^2C^2}\right)$$

$$OD = \sqrt{R^2 + \frac{1}{p^2C^2}} \quad 9.38$$

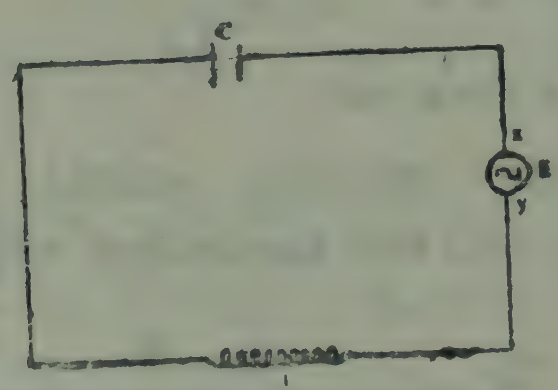
$$\tan\phi = \frac{AD}{OA} = \frac{1}{RCp} \quad 9.39$$

$$\text{Cos}\,\phi = \frac{OA}{OD} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + 1/C^2p^2}}$$ = ಪವರ್ ಅಪವರ್ತನ 9.40

(Power Factor)

9.10 L.C. ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ A.C. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ (ರೋಧ (R)ವು ಗಣನೀಯವಲ್ಲ).

ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (9.11) ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, L,Cಗಳು ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ಇದ್ದು ಇವುಗಳ ಅಂತಿಮ ತುದಿಗಳನ್ನು (X·Y) ಒಂದು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ($E = E_0 \sin pt$) ಮೂಲಕ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 9.11 L.C. (ಶ್ರೇಣಿ) ಮಂಡಲ (A.C.)

t ಸಮಯದಲ್ಲಿ C ಯಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿತವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿಕೆಯು Q ಆಗಿಯೂ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು I ಆಗಿಯೂ ಇರಲಿ. ಆಗ Cಯ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವಣ e.m.f = Q/C ಮತ್ತು L ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ $-L\frac{dI}{dt}$ ಹೊರಗಿನ ಮೂಲದಿಂದ ಒದಗಿಸಿರುವ e.m.f = E ಆದ್ದರಿಂದ

$$L \cdot \frac{dI}{dt} + \frac{Q}{C} = E = E_0 \text{ Sin pt.}$$

$$\frac{d^2Q}{dt^2} + \frac{Q}{LC} = \frac{E_0}{L} \text{ Sin pt.}$$

$Q = A \text{ Cos } (pt + \phi)$ ಆಗಿರಲಿ.

ಆಗ $\frac{d^2Q}{dt^2} = -p^2 A (\cos pt + \phi)$

$$\therefore -p^2 A \text{ Cos} (pt + \phi) \frac{A}{LC} \text{ Cos } (pt + \phi) = \frac{E_0}{L} \sin pt.$$

$$\left(-p^2 + \frac{1}{LC}\right) A (\cos pt \cos \phi - \sin pt \sin \phi) = \frac{E_0}{L} \sin pt$$

$pt = 0$ ಆಗಿರಲಿ

$$\left(\frac{1}{LC} - p^2\right) A \cos \phi = 0; \ \therefore \text{Cos } \phi = 0 : \phi = \pi/2.$$

$pt = \pi/2$ ಆದಾಗ,

$$\left(\frac{1}{LC} - p^2\right) A = -\frac{E_0}{L}; \ A = \frac{-E_0/L}{\left(\frac{1}{LC} - p^2\right)}$$

$$\therefore Q = \frac{-E_0/L}{\left(\frac{1}{LC} - p^2\right)} \text{ Cos } \left(pt + \frac{\pi}{2}\right) \qquad 9.41$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{E_0 \, p/L}{\left(\frac{1}{LC} - p^2\right)} \text{ Sin} \left(pt + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$I = \frac{E_0}{\left(\frac{1}{Cp} - Lp^2\right)} \text{ Sin } \left(pt + \frac{\pi}{2}\right) \qquad 9.42$$

ಆದ್ದರಿಂದ, (I) ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು (E) ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ E,M.F. ಗಿಂತ

ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ $\pi/2$ ಮುಂದಿರುತ್ತದೆ. (Current leads applied e.m.f by $\pi/2$
9.43

ಪವರ್ ಅಪವರ್ತನ = (Power factor) = Cos $\varnothing$ = 0

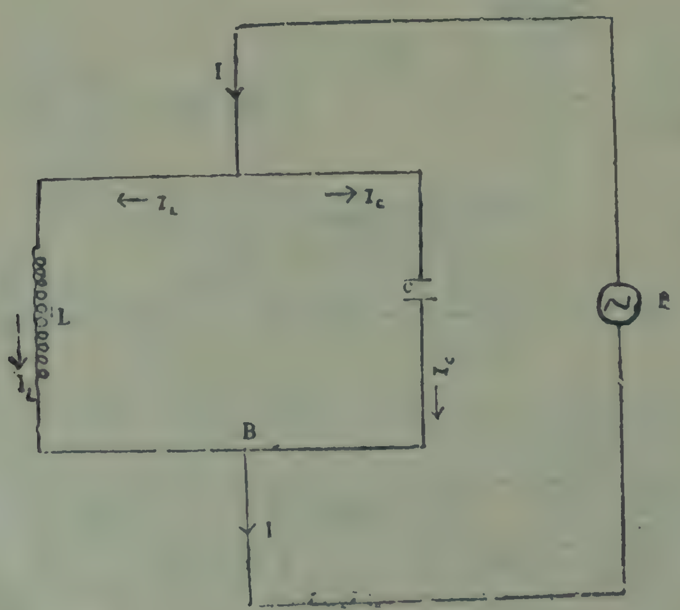
$\frac{1}{Cp} = Lp$ ಅಥವಾ $\frac{1}{LC} = p^2$ ಆದಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು (amplitude) = ∞ ಆಗಬೇಕು. ಆದರೆ, ಈ ಸಂದರ್ಭವು ಆದರ್ಶವಾದದ್ದು ಏಕೆಂದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ರೋಧ = 0 ಆಗಬೇಕು. ಆದರೆ, ಎಲ್ಲ ಮಂಡಲಗಳಲ್ಲಿಯೂ ರೋಧವನ್ನು ಆದಷ್ಟು ಕಡಮೆ ಮಾಡಬಹುದೇ ಹೊರತು ಸಂಪೂರ್ಣ ಶೂನ್ಯವಾಗುವಂತಿಲ್ಲ.

$$p^2 = \frac{1}{Lc} \text{ ಅಥವಾ } p = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ ಅಥವಾ } f = \frac{p}{2\pi}$$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = f_0 \qquad 9.44$$

ಅಂದರೆ, ಮಂಡಲದ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ, (f_0) ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ e.m.f. ಹೊಂದಿರುವ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ, ಆಗ, ಈ ಸಂದರ್ಭವನ್ನು ಅನುರಣನವೆಂದು (Resonance) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

(b) ಈಗ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಿ. L.C.ಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಅವುಗಳಿಗೆ (in parallel) ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ e.m.f. E = E_0 Sin pt ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಇದು ಚಿತ್ರ (9·12) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತಾಗುವುದು.



ಚಿತ್ರ 9.12 L.C. (ಸಮಾನಾಂತರ) ಮಂಡಲ A.C.

ಈಗ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಮೂಲದಿಂದ ಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು A ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ I ಆಗಿದ್ದರೆ, ಇದು I_L ಮತ್ತು I_C ಎಂಬ ಎರಡು ಶಾಖೆಗಳಾಗಿ ಹಂಚಿಕೊಂಡು ಕ್ರಮವಾಗಿ L,C ಗಳ ಮೂಲಕ ಹರಿದು, ಮತ್ತೆ B ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ ಕೂಡಿಕೊಂಡು I ಆಗುತ್ತದೆ.

$$\therefore \quad L \cdot \frac{dI_L}{dt} = \text{Sin } pt$$

$$I_L = \int \frac{E_0}{L} \text{ Sin pt dt} = \frac{-E_0}{pL} \text{ Cos } pt. \qquad 9.45$$

C ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿಕೆ $Q = C\,E_0 \text{ Sin } pt$. ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿ I_c ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು $I_c = \frac{dQ}{dt} = p\,C\,E_0 \text{ Cos } pt$ 9.46

$$\therefore \quad I = I_L + I_c = E_0 \left(pC - \frac{1}{pL} \right) \text{Cos } pt \qquad 9.47$$

$pC = \frac{I}{pL}$ ಅಥವಾ $p = \frac{I}{\sqrt{LC}}$ ಆದಾಗ, t ಮೌಲ್ಯವು ಏನೇ ಇರಲಿ $= 0$ ಆಗಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಈ ಮಂಡಲವು ತನ್ನ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಆಂದೋಲನಗಳಿಗೆ (ಅಂದರೆ $f_o = \frac{I}{2\pi\sqrt{LC}}$ ಸಂಪೂರ್ಣ ನಿರೋಧಕದಂತೆ (perfect choke) ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ಸಮಾನಾಂತರ ಅನುರಣಕ ಮಂಡಲ (Parallel Resonant Circuit) ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ ಇದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ನಿರಾಕರಿಸುತ್ತದೆ (Rejector). ಇಂಥ ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನು ಸಮಾನಾಂತರ ಅನುರಣಕ (Parallel Resonance Circuit) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

9·11 ಶ್ರೇಣಿ ಮತ್ತು ಸಮಾನಾಂತರ ಅನುರಣನ ಮಂಡಲಗಳು (Series and Parallel Resonance Circuits)

ಮೇಲೆ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ L.C ಮಂಡಲಗಳಿಗೆ, ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ E.M.F ನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಭೇದಗಳಿರಬಹುದು. ಇವುಗಳನ್ನು 9.11 ಮತ್ತು 9.12 ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

L.C. ಶ್ರೇಣಿ ಮಂಡಲ

$$\left(\frac{1}{Cp} - Lp\right) = 0 \text{ ಆದಾಗ, ಅಂದರೆ } p^2 = \frac{1}{LC};$$

$$p = \sqrt{\frac{1}{LC}} \text{ ಆದಾಗ}$$

$$p = 2\pi f \text{ ಎಂದೂ } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ ಎಂದೂ ಕರೆದರೆ,}$$

$$f = \frac{p}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$f = f_0$ ಆಗುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, E ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ e.m.f. (E) ಹೊಂದಿರುವ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ (f) L.C ಮಂಡಲದ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ (f_0) ಯೂ ಸಮಾನವಾಗಿ ಅನುರಣನ (Resonance) ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ, ಮಂಡಲದ ನಿರೋಧಕತ್ವವು (Impedance) ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ, ಅದರ ಫಲವಾಗಿ, (X,Y) (ಚಿತ್ರ 9.11) ಗಳ ಮೂಲಕ ಗರಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಬಿಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಶ್ರೇಣಿಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತದೆ.

L.C. ಸಮಾನಾಂತರ ಮಂಡಲ

$p = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ಅಂದರೆ $f = f_0$ ಆದಾಗ, ಇದನ್ನು ಸಮಾನಾಂತರ ಅನುರಣನವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ I_L I_c ಗಳು ಸಮನಾಗಿಯೂ ವಿರೋಧವಾಗಿಯೂ ಇದ್ದು $I_L + I_c = 0$ ಅಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಮೂಲದಿಂದ ಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಶೂನ್ಯವಾದರೂ, L,C ಗಳ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೇ ಇದ್ದು ಸಮವಾಗಿಯೂ, 180° ನೆಲೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ.

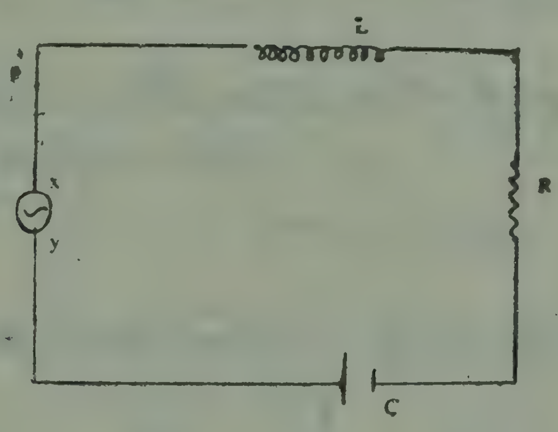
ಒಟ್ಟನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, L,C ಗಳು ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗ, ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ V_L ಮತ್ತು V_c ಗಳು, ಅನುರಣದಲ್ಲಿ, ವಿರೋಧಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, LC ಗಳು ಸಮಾನಾಂತರ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಇರುವಾಗ, LC ಗಳ ಮೂಲಕ ವಹನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹಗಳು I_L, I_c ಗಳು ಸಮನಾಗಿದ್ದು, ವಿರೋಧಿ

ಸುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, LC ಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಶೋಧಕ ಮಂಡಲ (filter circuit) ದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ, ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಆಂದೋಳನಗಳನ್ನು ಒಯ್ಯುವುದಕ್ಕಾಗಲಿ, ನಿರೋಧಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಲಿ, (trausmit or suppress) ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

9.12 L-R-C ಮಂಡಲದ ಮೂಲಕ A.C. ಪ್ರವಾಹ

ಇದುವರೆವಿಗೂ, ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು L,R,C ಗಳಿಂದು ಬಿಡಿಸಿ ಹೊಂದಿರುವ ಅಂಗಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದ ಮೂಲಕ ವಹನ ಮಾಡುವುದರ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ್ದಾಯಿತು. ಈಗ, ಇವೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ಸಮಗ್ರ ಮಂಡಲದ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಾಹದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ.

L,R,C ಅಂಗಗಳು ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿದ್ದು, ಇವುಗಳ ತುದಿಗಳನ್ನು (X,Y) ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ E_0 Sin pt ಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದೆ. ಇದರ ಚಿತ್ರವನ್ನು (9.13) ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 9.13 L.R.C. (ಶ್ರೇಣಿ) ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ A.C. ಪ್ರವಾಹ

ಇದುವರೆವಿಗೂ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ

$$E - L\cdot\frac{di}{dt} + \frac{Q}{C} = IR$$

$$L\cdot\frac{dI}{dt} + IR + \frac{Q}{C} = E = E_0 \text{ Sin } pt$$

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

$$\therefore \quad L.\frac{d^2Q}{dt^2} + R\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = E_0 \text{ Sin } pt \qquad 9.48$$

ಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಒದಗುತ್ತಿರುವ e.m.f (E) ಯು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿದ್ದರೆ, ಸ್ವಲ್ಪಕಾಲದ ಮೇಲೆ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿದ್ದು,

$Q = A \text{ Cos } (pt + \phi)$ ಆಗಿರಲಿ

ಆಗ $\frac{dQ}{dt} - pA \text{ Sin } (pt + \phi)$

$\frac{d^2Q}{dt^2} - p^2 A \text{ Cos } (pt + \phi)$ ಆಗಿ, 9.48 ಸಮೀಕರಣವು ಹೀಗಾಗುತ್ತದೆ

$$-Lp^2 A \text{ Cos } (pt + \phi) - RpA \text{ Sin } (pt + \varnothing) + \varnothing \frac{A}{C} \text{ Cos } [pt + \phi]$$
$$(= E_0 \text{ Sin } pt)$$

$$(1 - LCp^2) A \text{ Cos } (pt + \phi) - R\,C\,pA \text{ Sin } (pt + \phi) = E_0 \text{ Sin } pt.$$

$$(1 - LCp^2) A (\text{Cos } pt\ \varnothing - \text{Sin } pt \text{ Sin } \varnothing) - RCpA (\text{Sin } pt \cos \varnothing$$
$$+ \text{Cos } pt \text{ Sin } \varnothing) = E_0\, C \text{ Sin } pt$$

$pt = 0$ ಆಗಲಿ

$$A (1 - LC^2p) \text{ Cos } \phi - ARCp \text{ Sin } \phi = 0$$

$$\tan \phi = \frac{1 - LCp^2}{RCp} = \frac{\frac{1}{Cp} - Lp}{R} \qquad 9.49$$

$$\text{Sin } \phi^2 = \frac{\frac{1}{Cp} - Lp}{\sqrt{\left(\frac{1}{Cp} - Lp\right)^2 + R^2}} ;$$

$$\text{Cos } \phi = \frac{R}{\sqrt{\left(\frac{1}{Cp} - Lp\right)^2 + R^2}} \qquad 9.50$$

ಈಗ $pt = \pi/2$ ಆದಾಗ,

$$-A(1 - LCp^2)\,\text{Sin}\,\phi - RCp\,A\,\text{Cos}\,\phi = E_0 C$$

$$-A\left(\frac{1}{Cp} - Lp\right)\text{Sin}\,\phi - RA\,\text{Cos}\,\phi = \frac{E_0}{p}$$

ಇದರಲ್ಲಿ 9.50 ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡರೆ,

ಹಿಂದೆ, ಬಿಡಿಬಿಡಿಯಾಗಿ, ಪರಿಶೀಲನೆ ನಡೆಸುವಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ (I)ವು ಕೆಲವು ವೇಳೆ E ಗಿಂತ ಮುಂದೂ, ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಹಿಂದೂ ಇರುವಂತೆ ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈ ನೆಲೆಯು ಹಿಂಜರಿತವು (lag) ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕ (L)ದ ಮೂಲಕವೂ, ಮುಂದಿರುವುದು (lead) ಸಂಗ್ರಹಕೋಶ (C) ದ ಮೂಲಕವೂ ಉಂಟಾಗುವಂತೆ ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದಿತು. 9.53 ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ,

$$A = \frac{-E_0}{p\sqrt{\left(\frac{1}{Cp} - Lp\right)^2 + R^2}} \qquad 9.51$$

$$\therefore\; Q = \frac{-E_0}{p\sqrt{\left(\frac{1}{CP} - Lp\right)^2 + R^2}}\,\text{Cos}\,(pt + \phi)$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{E_0}{\sqrt{\left(\frac{1}{CP} - Lp\right)^2 + R^2}}\,\text{Sin}\,(pt + \phi) \qquad 9.52$$

$$\tan\phi = \frac{\frac{1}{CP} - Lp}{R} \qquad 9.53$$

ಹಿಂದೆ, ಬಿಡಿಬಿಡಿಯಾಗಿ ಪರಿಶೀಲನೆ ನಡೆಸುವಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ (I)ವು ಕೆಲವುವೇಳೆ Eಗಿಂತ ಮುಂದೂ, ಕೆಲವುವೇಳೆ ಹಿಂದೂ ಇರುವಂತೆ ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈ ನೆಲೆಯ ಹಿಂಜರಿತವು (lag) ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕ (L) ದ ಮೂಲಕವೂ, ಮುಂದಿರುವುದು (lead) ಸಂಗ್ರಹಕೋಶ (C) ದ ಮೂಲಕವೂ ಉಂಟಾಗುವಂತೆ ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದಿತು.

9.53 ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ,

$\frac{1}{Cp} > Lp$ ಆದರೆ, ϕ ಧನವಾಗಿದ್ದು, Iಯು ಮುಂದಿರುತ್ತದೆ. $(X_c > X_L)$

$\frac{1}{Cp} < Lp$ ಆದಾಗ, ϕ ಋಣವಾಗಿದ್ದು Iಯು ಹಿಂದಿರುತ್ತದೆ. $(X_c < X_L)$

$\frac{1}{Cp} = Lp$ ಆದರಂತೂ, $\phi = 0$; $p = \frac{1}{\sqrt{LC}}$; $\tan \phi = 0$; $\phi = 0$.

ಆಗಿ, I ಮತ್ತು Eಗಳು ಒಂದೇ ನೆಲೆ (phase) ಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಆಗ, L,Cಗಳ ಪ್ರಭಾವಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ವಿರೋಧವೂ ಆಗಿರುತ್ತವೆ.

Z = ವಿರೋಧಕತ್ವವಾದರೆ

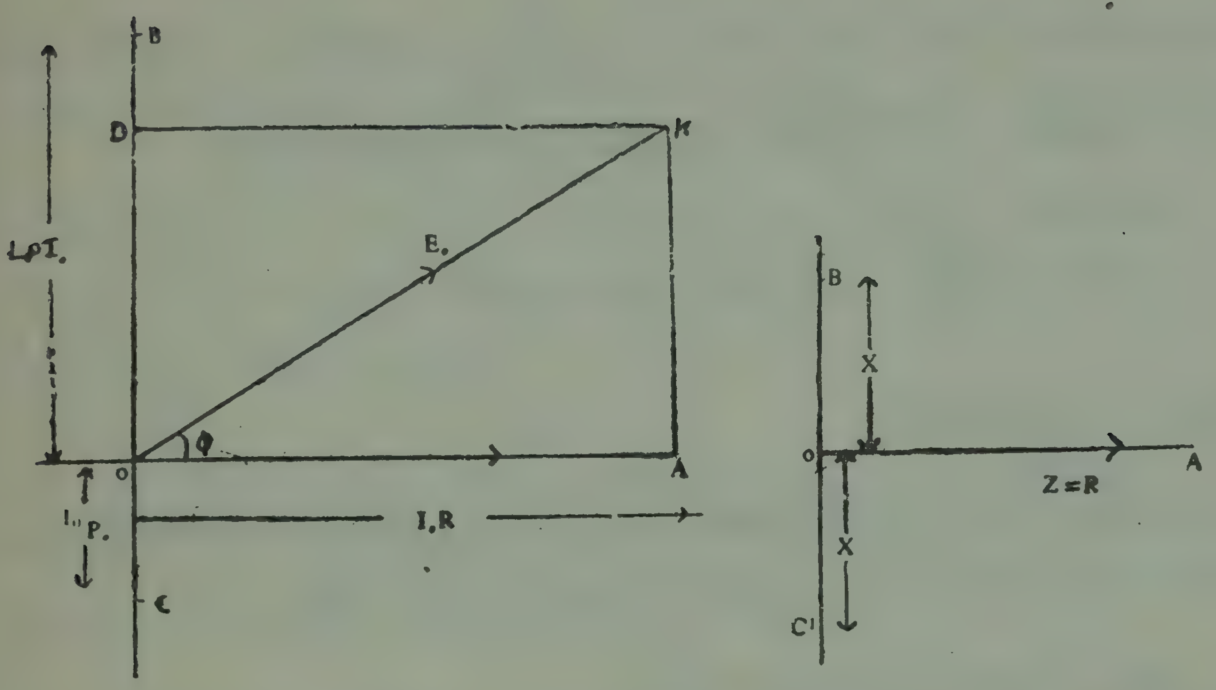
$$Z = \sqrt{\left(\frac{1}{Cp} - Lp\right)^2 + R^2} \qquad 9.54$$

ಪವರ್ ಅಪವರ್ತನ (Power factor) = $\cos \phi = 1$ ಆಗುತ್ತದೆ $\left(\frac{1}{Cp} - Lp\right) = 0$ ಆದಾಗ, (9.50 ಸಮೀಕರಣ).

ಆದ್ದರಿಂದ $p = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ಆಗಿ, ಅನುರಣನವು ಸಂಭವಿಸಿದಾಗ, $Z = R$ ಆಗಿ, ಇದು ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿದ್ದು, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು $\frac{E_0}{R}$ ಆಗಿ, ಗರಿಷ್ಠವಾಗುತ್ತದೆ.

ಸದಿಶವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಣೆ

ಈ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಸದಿಶ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದರೆ, ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಂತೆ (9.14) ಆಗುತ್ತದೆ. E_0 = ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ EMF ಹೊಂದಿರುವ ಗರಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವು E_0 ಆದರೆ ಇದರ ಅಂಗಗಳ OA, OB, OC ಗಳಾಗಿದ್ದು, ಇವುಗಳನ್ನು ಮೌಲ್ಯ ಮತ್ತು ನೆಲೆಗಳಲ್ಲಿ OA, OB, OC ರೇಖೆಗಳಿಂದ ಸೂಚಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 9.14 L.R.C. ಮಂಡಲ–ಸದಿಶ ನಿರೂಪಣೆ

$$OA = I_0 R; \; OD = OB - OC = I_0\left(Lp - \frac{1}{pC}\right) = I_0\left(X_L - X_c\right)$$

$X_L = Lp; \; X_c = \dfrac{1}{pC}$ (ಹಿಂದೆಯೇ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ)

$$OK^2 = OA^2 + OD^2.$$

$$OK = \sqrt{OA^2 + OD^2}$$

$$E_0 = I_0\sqrt{R^2 + \left(pL - \frac{1}{pC}\right)^2} = I_0\sqrt{R^2 + \left(X_L - X_c\right)^2} \quad 9.55$$

$$\therefore \quad I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}}$$

ಇಲ್ಲಿ Z = ನಿರೋಧಕತ್ವವಾದರೆ $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}$.

$$\tan\phi = \tan KOA = \frac{\left(pL - \frac{1}{pC}\right)}{R} \quad 9.56$$

$X_L = X_c$ ಆದಾಗ, ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ 9.14 (b) ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, OB= OC;

OD= O. OA = OK = Z; Z = R

ಹೀಗಾಗಬೇಕಾದರೆ $f = f_0$ ಆಗಿ, $p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ಆಗಬೇಕು. ಇದು ಅನುರಣನದ ನಿಬಂಧನೆ. ಇದು ಶ್ರೇಣಿ ಅನುರಣನ ಮಂಡಲವಾಗುತ್ತದೆ.

$$I_0 = \frac{E_0}{R} \; ; \; E_{r.m.s.} = I_{r.m.s.} \; R.$$

ಈ ಅನುರಣನ ಸಂಭವದಲ್ಲಿ.

I ಮತ್ತು Cಗಳ ನಡುವಣ ಪರ್ಯಾಯ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗಳು ಸಮನಾಗಿದ್ದು, ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ 180° ∝ (anti-phase) ಆಗಿರುತ್ತವೆ.

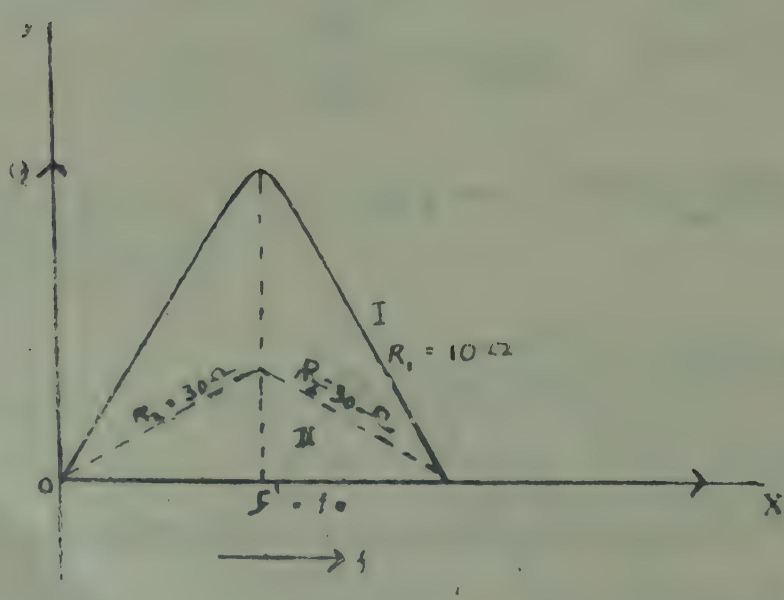
ಆದರೆ, ಇದೇ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ (ಅನುರಣನ)

L ತುದಿಗಳ ನಡುವಣ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗೂ (ಅಥವಾ C ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವಣ ವೋಲ್ಟೇಜ್) ರೋಧ R ತುದಿಗಳ ನಡುವಣ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗೂ ಇರುವ ಅನುಪಾತಕ್ಕೆ (Ratio). 'Q' ಅಥವಾ ವೋಲ್ಟೇಜ್ ವರ್ಧನ ಅಪವರ್ತನ (voltage magnification factor) ಎಂದು ಹೆಸರು.

$$\text{'}Q\text{'} = \frac{V_L}{V_R} \text{ (ಅನುರಣನದಲ್ಲಿ) } = \frac{Lp \; I_{r.m.s.}}{R \; I_{r.m.s.}} = \frac{Lp}{R} = \tan \phi_L. \quad (9.51)$$

ಇಲ್ಲಿ ϕ = I ಗೂ, Eಗೂ ನಡುವಣ ನೆಲೆಯ ಹಿಂಜರಿತದ ಕೋನ

R ಕಡಮೆಯಾದಾಗ, Q ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಒಂದು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ



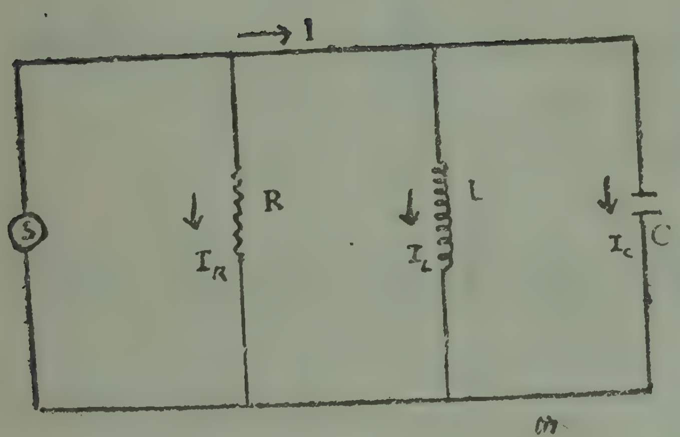
ಚಿತ್ರ 9.15 ಅನುರಣನದ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆ

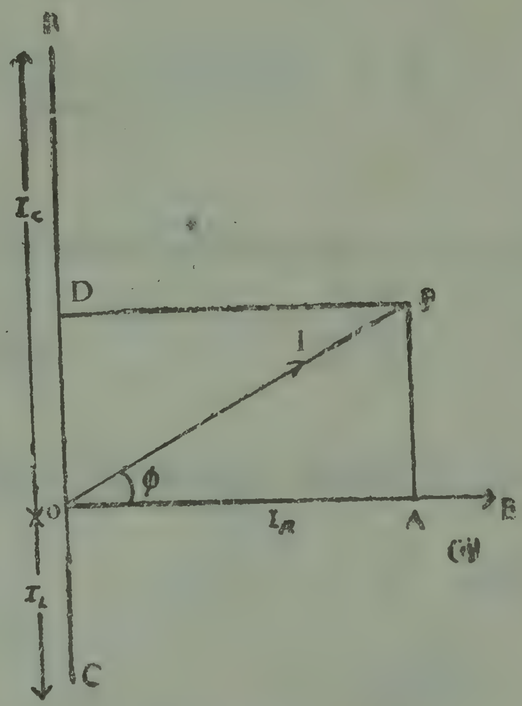
ಉಂಟಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ನಾಶವು $\left(\frac{2\pi}{Q}\right)$ ಕಡಮೆಯಾಗಿ, ಅನುರಣನವು ತೀಕ್ಷ್ಣವಾಗುತ್ತದೆ (Sharp). ಅಂದರೆ, R ಕಡಮೆಯಾದಷ್ಟೂ ಅನುರಣನ ಸಂಬಂಧ ರೇಖೆಯು (Resonance Curve) ಚೂಪಾಗಿಯೂ ಇರಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (9.15) ತೋರಿಸಿದೆ.

I ರೇಖೆಯು $R_1 = 10$ ಓಂ ಆಗಿದ್ದಾಗಲೂ, II ರೇಖೆಯು $R_2 = 30$ ಓಂ ಆಗಿದ್ದಾಗಲೂ, ಇರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ತೋರಿಸಿದರೆ, $R_1 < R_2$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಆ ರೇಖೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಚೂಪಾಗಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

9.13 ಸಮಾನಾಂತರ A.C. ಮಂಡಲ (L.R.C.) Parallel A.C. Circuit.

ಈ ಮಾದರಿಯ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ, R_1L.C.ಗಳು ಎಲ್ಲ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿದ್ದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಮೂರು ಶಾಖೆಗಳಾಗಿ ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಒಂದೊಂದು ಶಾಖೆಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು, ಆಯಾ ಶಾಖೆಯ ಪ್ರತಿರೋಧ (Reactance) ವನ್ನು A.C. ವಿದ್ಯುತ್ ಮೂಲದಿಂದ ಬರುವ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಮೂರು ಶಾಖೆಗಳ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಮೊತ್ತವಾಗಿರಬೇಕು. (ಸದಿಶ ಮೊತ್ತ)





ಚಿತ್ರ : 9.16 ಸಮಾನಾಂತರ L.R.C. ಮಂಡಲ (AC)

$$I = I_R + I_L + I_C \quad \text{(ಸದಿಶ ಮೊತ್ತ)} \qquad 9.58$$

L,C ಶಾಖೆಗಳಲ್ಲಿ ರೋಧವಿಲ್ಲವೆಂದು ಗಣಿಸಿದರೆ,

$$I_R = \frac{E}{R}\,;\; I_L = \frac{E}{Lp}\,,\;\; I_C = pCE. \qquad 9.59$$

ಇಲ್ಲಿ I_L, Eಗಿಂತ 90° ಹಿಂದಿರುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು I_C ; Eಗಿಂತ 90° ಮುಂದಿರಬೇಕು. I_R ಮತ್ತು Eಗಳು ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರ (9.16)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ OA, I_R ಗೆ ಸರಿಹೊಂದುತ್ತದೆ. OB = I_C OAಗಿಂತ ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣವಾಗಿ. 90° ನಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ ಹಾಗೆಯೇ OC ಯು, OA ಇಂದ 90° ಪ್ರದಕ್ಷಿಣದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರಬೇಕು. ಹೀಗಾಗಿ OB, OC ಗಳು ವಿರೋಧ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಇದ್ದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ OD = OB − OC.

(BD = OC = I_L). OD = ($I_C - I_L$); OA = I_R ,

ಇವುಗಳ ಸದಿಶ ಫಲಿತಾಂಶ (Resultant)ವು OF ಆದರೆ

$$OF = I = \sqrt{OA^2 + AF^2}$$

$$= \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$$

$$= E\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(Cp - \frac{1}{Lp}\right)^2} \quad (I_0 > I_L).$$

$$Z = \frac{\text{e.m.f.}}{\text{ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ}} = \frac{E}{I}$$

$$\therefore \quad Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(Cp - \frac{1}{Lp}\right)^2}} = \frac{1}{Y} \qquad (9.60)$$

ಇಲ್ಲಿ ಕೆಳಗಿರುವ ಪದನಿಷ್ಪತ್ತಿಗೆ Y = ಪ್ರವೇಶಕತ್ವ (Admittance)ಎಂದು ಹೆಸರಾದರೆ, $Y = \frac{1}{Z}$.

ಇದರಲ್ಲಿ $\left(Cp - \frac{1}{Lp}\right)$ = ಸಂವೇದಕತ್ವ (Susceptance) ಎಂದು ಹೆಸರು Cp = ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದ ಸಂವೇದಕತ್ವ ಮತ್ತು $\frac{1}{L}$ = ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವದ ಸಂವೇದಕತ್ವ. ಇವುಗಳನ್ನು (mhos) ಎಂಬ ಮಾನದಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಕೆಲವು ವಿಶಿಷ್ಟ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳು (Special Cases)

(a) C ಇಲ್ಲ ಎಂದು ತಿಳಿದರೆ, L,Rಗಳು ಮಾತ್ರ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{L^2p^2}}} \quad \text{ಮತ್ತು} \quad I = E\sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{L^2p^2}} \qquad 9.61$$

ಚಿತ್ರ 9.16 ಪ್ರಕಾರ, OF ರೇಖೆಯು OAಗಿಂತ ಕೆಳಗೆ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, I,Eಗಿಂತ ϕ (ನೆಲೆ) ಹಿಂದಿದ್ದು, $\tan\phi = \frac{I_L}{I_R} = \frac{R}{Lp}$ 9.62

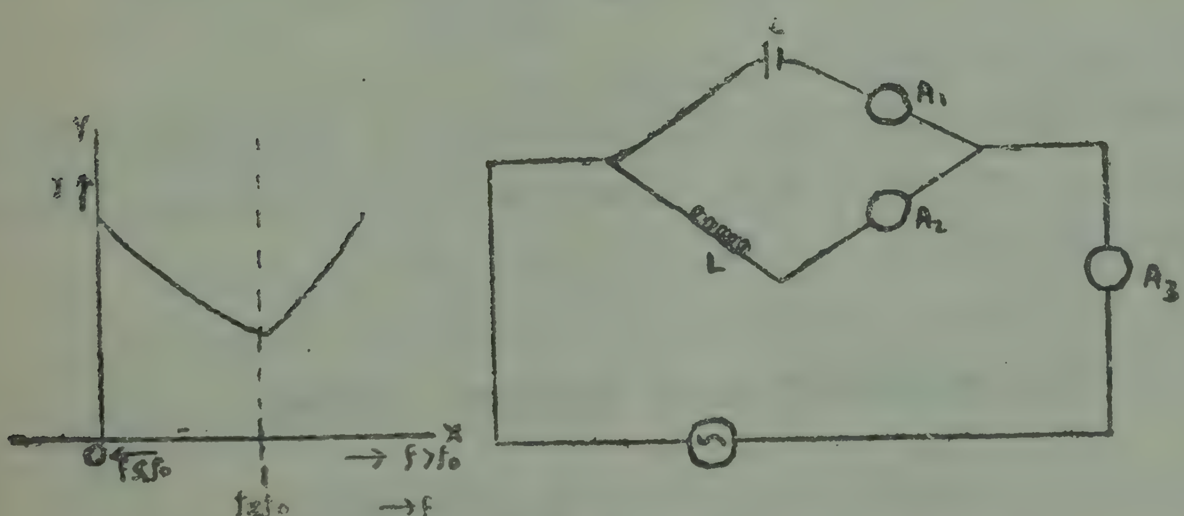
(b) L ಇಲ್ಲದೆ ಬರೀ R & C ಮಾತ್ರ ಇದ್ದರೆ

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + C^2p^2}} \; ; \quad I = E\sqrt{\frac{1}{R^2} + C^2p^2} \qquad 9.63$$

ಈಗ ಚಿತ್ರ 9.16 ಪ್ರಕಾರ OF ರೇಖೆಯು OA ಗಿಂತ ಮೇಲೆ ಇದ್ದು, Iವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು Eಗಿಂತ ϕ ಮುಂದಿದ್ದು $\tan\phi = \frac{I_c}{I_R} = RCp$ 9.64

ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ f ಹೆಚ್ಚಾದರೆ, $p(=2\pi f)$ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದರಿಂದ, I_L ಕಡಮೆಯಾಗಿ, I_c ಹೆಚ್ಚಾಗಬೇಕು (9.51 ಸಮೀಕರಣ).

ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ I_L , I_c ಗಳು ಒಂದೇಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, ವಿರೋಧ ನೇರದಲ್ಲಿರಬಹುದು. ಆಗ, e.m.f. ಮೂಲದಿಂದ ಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್



ಚಿತ್ರ 9.17 ಸಮಾನಾಂತರ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಅನುರಣನ

ಪ್ರವಾಹ (.I)ವು ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು EಗೂIಗೂ, ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದಿಲ್ಲ. (Current in phase with applied e.m.f.). ಇದೇ ಅನುರಣನ (Resonance) ಪರಿಸ್ಥಿತಿ. $I_L = I_c$ (ವಿರೋಧ ನೇರದಲ್ಲಿ)

ಅನುರಣನದ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಶಾಖೆಯಲ್ಲಿ R = 0 ಆದರೆ, $f = f_0$ ಆದಾಗ L,C ಶಾಖೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಆಂದೋಳಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆಗ, e.m.f ನಿಂದ ಒದಗುವ ಶಕ್ತಿಯು ಬೇರೆ ವಿಧವಾದ ಶಕ್ತಿನಷ್ಟಗಳಿಗಾಗಿ ಮಾತ್ರ ವಿನಿಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ (9.17) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ $f = f_0$ ಆದಾಗ, ಮೌಲ್ಯವು ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ L,C ಶಾಖೆಗಳಲ್ಲಿ A_1, A_2 ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಮಾಪಕಗಳನ್ನೂ, ಹೊರಗಡೆ A_3 ಮಾಪಕವನ್ನೂ ಇಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯೋಣ (ಚಿತ್ರ 9.17).

A.C. ವಿದ್ಯುತ್‌ಮೂಲದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಕ್ರಮೇಣ p ಮೌಲ್ಯವು ವೃದ್ಧಿಹೊಂದುತ್ತದೆ. p ಕಡಮೆಯಾಗಿರುವಾಗ Lpಯೂ ಕಡಮೆಯಾಗಿದ್ದು. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಆಗ $1/Cp$ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರವಾಹವು L ಮೂಲಕ ಇದ್ದು, C ಮೂಲಕ ಕಡಮೆ ಅಂದರೆ A_2 ಕಡಮೆ ಸೂಚಿಸಿ, A_1 ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. p ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, A_3 ಸೂಚಿಸುವ ಮೌಲ್ಯವು ಕಡಮೆಯಾಗಿ, ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ A_3 ಯಲ್ಲಿ ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯುವುದಿಲ್ಲ. ಇದು $f = f_0$ ಆಗಿರುವಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ (I_c I_L) A_1, A_2 ಗಳು ಒಂದೇ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ, ಆಗ

$$Cp = \frac{1}{Lp} \quad ; \quad p^2 = \frac{1}{LC} \; ; \; p = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi f \; ;$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (I = 0)$$

ಅಂದರೆ ಈ ಸಮಾನಾಂತರ ಅನುರಣನ ಮಂಡಲವು ತನ್ನಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ನಿರಾಕರಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ ನಿರಾಕರಿಸುವ ಮಂಡಲ (Rejector)ವೆಂದೂ ಕರೆಯಬಹುದು.)

9.14 L-R-C ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಪವರ್ ಪ್ರಮಾಣ (Power)

ಈಗಾಗಲೇ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಮೂಲಕ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ

$$E = E_0 \operatorname{Sin} pt$$

$$I = I_0 \operatorname{Sin} (pt + \phi)$$

$\therefore$ t ಸಮಯದಲ್ಲಿ (ಪವರ್) $P = EI = E_0 I_0 \operatorname{Sin} pt . \operatorname{Sin} (pt + \varnothing)$

$$= E_0 I_0 \operatorname{Sin} pt \left\{ \operatorname{Sin} pt \operatorname{Cos} \phi + \operatorname{Cos} pt \operatorname{Sin} \phi \right\}$$

$$= E_0 I_0 \operatorname{Sin}^2 pt \operatorname{Cos} \phi + \tfrac{1}{2} E_0 I_0 \operatorname{Sin} \varnothing \operatorname{Sin} 2 pt$$

ಆದ್ದರಿಂದ 'ಪವರ್'ನ ಸರಾಸರಿ ದರ (average power)

$$\overline{P} = E_0 I_0 \left\{ \frac{\int_0^T \operatorname{Sin}^2 pt \cdot \operatorname{Cos} \phi \cdot dt}{\int_0^T dt} + \frac{\int_0^T \tfrac{1}{2} \operatorname{Sin} \phi \cdot \operatorname{Si} \quad .dt}{\int_0^T dt} \right\}$$

$\operatorname{Sin}^2 pt$ ಯು ಸರಾಸರಿಯು ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ $\tfrac{1}{2}$ ಇದನ್ನು ಆಗಲೇ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಮತ್ತು $\operatorname{Sin} 2 pt$ಯು ಸರಾಸರಿಯು ಒಂದು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ

$$\frac{\int_0^T \operatorname{Sin} 2 pt \, dt}{\int_0^T dt} = O$$

$$\therefore \quad \overline{P} = \tfrac{1}{2} E_0 I_0 \operatorname{Cos} \phi + O = \tfrac{1}{2} E_0 I_0 \cdot \operatorname{Cos} \phi \qquad 9.65$$

ಎರಡನೆಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸರಾಸರಿಯು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದು ವಾಟ್-ರಹಿತ (watt-less component) ಅಂಗ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಮೊದಲನೆಯ ಅಂಗವು $\tfrac{1}{2} E_0 I_0 \operatorname{Cos} \phi$ = ಸಮನೆಲೆಯ ಅಂಗ (In-phase Component) ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ $R = O$ ಆದರೆ, $\operatorname{Cos} \phi = O$ ಆಗಿ $\phi = 90^\circ$ (ಸಮೀಕರಣ 9.50). ಅಂದರೆ ಇದೂ ಕೂಡ ಆ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

$$\therefore \quad P = \frac{E_o I_o}{2} \; Cos\, \phi = \frac{E_o}{\sqrt{2}} \; \frac{I_o}{\sqrt{2}} \; Cos\, \phi$$

$$= E_{r.m.s.} \, I_{r.m.s.} \, Cos\, \phi \qquad 9.66$$

ಇಲ್ಲಿ $Cos\, \phi$ = ಪವರ್ ಅಪವರ್ತನ (Power factor)

$$\tan \phi = \frac{\frac{1}{CP} - Lp}{R}$$ (9.53 ಸಮೀಕರಣ).

$$Cos\, \phi = R/Z$$

$$\therefore \quad \bar{P} = E_{r.m.s.} \times I_{r.m.s.} \times Cos\, \phi$$

$$= E_{r.m.s.} \times I_{r.m.s.} \times \frac{R}{Z}.$$

ಆದರೆ $I_{r.m.s.} = \frac{E_{r.m.s.}}{Z}$ (9·67)

$$\therefore \quad \bar{P} = I^2_{r.m.s.} \, R.$$

ಇದು DC ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿರುವ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ($P = I^2R$) ಹೋಲುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ನಾವು ತಿಳಿಯಬೇಕಾದುದೇನೆಂದರೆ, L,C ಅಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ಶಕ್ತಿಯೂ ಗ್ರಹಣ (absorted) ವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

$Cos\, \phi$ = ಪವರ್ ಅಪವರ್ತನ = $\frac{\text{ನಿಜವಾದ ಸರಾಸರಿ ಪವರ್ (ವಾಟ್ಸ್)}}{\text{R.M.S. ವೋಲ್ಟ್} \times \text{R·M.S ಆಂಪಿಯರ್}}$

ಅಥವಾ, ನಿಜವಾದ ವಾಟ್ಸ್ = ಮಿಥ್ಯಾ (apparent) ವಾಟ್ಸ್ x ಪವರ್ ಅಪವರ್ತನ. 9.68

9·15 ಯಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೂ ಸಾಮ್ಯತೆ

ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ [Strain] ಒಳಗಾದ ಒಂದು ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್ ಸುರಳಿಯಂತೆಯೂ, ಯಾಂತ್ರಿಕ ನಿದ್ಯಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಜಡತ್ವವು ಹೊಂದಿರುವ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕಕ್ಕೂ (Inductance)

ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ಸುರಳಿ ಸ್ಪ್ರಿಂಗನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏಕಮಾನದ (unit) ವಿಸ್ತರಣವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಲು μ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲವು ಬೇಕೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಇದು ತನ್ನ ಸಮಸ್ಥಿತಿಯ ಸ್ಥಾನದಿಂದ x ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಾಗ, ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್‌ನ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲವು $-\mu x$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಆಗ, ಅದರ ವೇಗವು v ಆಗಿದ್ದರೆ, ಅದನ್ನು ಆವರಿಸಿರುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಸ್ನಿಗ್ಧತೆ (Viscosity) ಯ ಫಲವಾಗಿ, ವೇಗವನ್ನು ಎದುರಿಸುವ ವಿರೋಧಬಲವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು $-kv$ ಎಂದಿರಲಿ. ಪಲ್ಲಟ (x) ದ ನೇರದಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು (a) ಉಂಟುಮಾಡುವ P ಬಲವು ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರಲಿ, ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್‌ನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ (mass) ವು m ಆದರೆ

$$P - \mu x - Kv = ma.$$

ಇಲ್ಲಿ $v = \frac{dx}{dt}$; $a = \frac{d^2x}{dt^2}$

$$\therefore \quad \frac{m.d^2x}{dt^2} + K\frac{dx}{dt} + \mu x = P \qquad 9{\cdot}69$$

ಇದನ್ನು ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ಹಲವಾರು ಸಾರಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಸಮೀಕರಣವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ

$$L.\frac{d^2Q}{dt^2} + R.\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = E \qquad 9.70$$

ಇವೆರಡನ್ನು ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಾಗುವ ಅಂಶಗಳು ಇವು :—

(i) ವಿದ್ಯುತ್‌ನಲ್ಲಿ L ಹೊಂದಿರುವ ಪಾತ್ರವು ಯಾಂತ್ರಿಕ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ mಗೆ ಸಮನಾಗುತ್ತದೆ.

ವಿದ್ಯುತ್‌ನಲ್ಲಿ Rಗೆ ಸಮಾನವಾಗಿ **K** (ಅಂದರೆ ಒಂದು ಏಕಮಾನವೇಗಕ್ಕೆ ವಿರೋಧಿಸುವ ಬಲ)

(i i) 1/Cಯು μ ಅಂದರೆ (ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಪಲ್ಲಟಕ್ಕೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಬಲ)

(iv) Q ಎಂದರೆ x ಅಥವಾ ಪಲ್ಲಟಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಸಬೇಕು. ಮತ್ತು E

(e.m.f.) ಯು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ಬಲ (P) ಕ್ಕೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿರಬೇಕು.

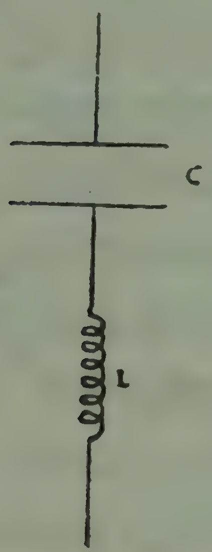
ಇದೇ ಸಾಮ್ಯತೆಯನ್ನೇ ಮುಂದುವರೆಸಿ,

$P = \text{Sin } f pt$ ಎಂದೂ

$E = E_0 \text{ Sin } pt$ ಎಂದೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ಹಲವಾರು ಉಪಯುಕ್ತಾಂಶಗಳ ಹೋಲಿಕೆಯನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಇದರಲ್ಲಿಯೂ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಆಂದೋಲನಗಳಿಗೂ, ಅನುರಣನಕ್ಕೂ ಹೋಲಿಕೆಯು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವುದು $K=O$ ಅಥವಾ $R=O$ ಆದಾಗ, S.H.M. ಆಂದೋಲನಗಳು ಮಿಡಿತಡೆ ಇಲ್ಲದಂತೆ (Undamped) ಆಗುವುವು.

9.16 ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಆಂದೋಲನಗಳು ಮತ್ತು ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರ

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿವರವಾಗಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ L.R.C. ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲವನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದಾಗ, ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ಆ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಆಂದೋಳಕ ವಿದ್ಯುತ್-ಪ್ರವಾಹಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತವೆ-ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವನ್ನು ಅಲ್ಲಿಯೇ ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ (C) ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶ



ಚಿತ್ರ 9.18 ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಆಂದೋಲನಗಳು

ದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿಕೆ (Charged) ಆದಾಗ, ಅದರಲ್ಲಿ $\frac{1}{2}CE^2$ ಪ್ರಮಾಣಶಕ್ತಿಯು ಶೇಖರವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ವಿಸರ್ಜನೆ (discharged) ಹೊಂದುವಾಗ, Lಮೂಲಕ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟು, ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯು ಶೇಖರವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು $\frac{1}{2}LI^2$. ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ (R) ರೋಧವೂ ಇದ್ದರೆ, ಸ್ವಲ್ಪಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ $R \ll L/C$ ಆದರೆ, ಶೇಖರವಾದ ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯ ಮತ್ತೆ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶ (C)ದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿ ಅದರಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುತ್ (electro-static) ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೆ ($\frac{1}{2}CE^2$) ಶೇಖರವಾಗಲು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಮುಂದಿನ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್–ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿ ಪರಸ್ಪರ ವಿನಿಮಯವು ಸಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಆಂದೋಲನಗಳು (Oscillators) ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಗಡಿಯಾರದ ಸ್ಪ್ರಿಂಗಿನ ವರ್ತನೆಗೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ಈ ಆಂದೋಲನಗಳ ಆವರ್ತಕಾಲವು. 9.71

$$T = 2\pi \sqrt{LC}$$

ಸೂಕ್ತವಾದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ಹೀಗೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರೆಯುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

1865ರಲ್ಲಿ ಕ್ಲಾರ್ಕ್ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ (Clerk Max-well) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯ (H.F.) ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹಕೋಶ (C)ದ ಹೊರ ಆವರಣದಲ್ಲಿ(space) ಸ್ಥಾಪಿಸಬಹುದೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಅವನ ಪ್ರಕಾರ, ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದ ಫಲಕಗಳ ನಡುವಣ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು "ಪಲ್ಲಟ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ" (displacement Currents) ಉತ್ಪತ್ತಿಯ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದನು. ಫಲಕಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಈ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಗೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಿಗೂ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಅನ್ವಯ ಮಾಡುವಂತೆ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ತೋರಿಸಿದನು. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಪರಸ್ಪರ ವರ್ತನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ನಿರ್ಧಾರವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಇದೇ ಈ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಮಹತ್ತಾದ ಸಂಶೋಧನೆ. ಇದೇನೆಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್-ಸಂಗ್ರಹಕೋಶದ ವಿದ್ಯುತ್-ಪೂರಿಕೆ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಗಳು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ, ಅದರ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗುತ್ತಿರುವಾಗ, ಇವುಗಳ ಜೊತೆಗೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಸ್ಫುರಣಗಳು ಅಲೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಇವುಗಳ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ (c)ಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದು. ಇವುಗಳೇ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳು. ಈ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವಿಲ್ಲದ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ಮೂಲಕವೂ ಪ್ರಸಾರವಾಗಬಲ್ಲವು.

c = ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ವೇಗ $= 3 \times 10^8$ ಮೀಟರ್/ಸೆಕೆಂಡ್. L-C ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಆಂದೋಲನಗಳ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು fಆದರೆ

$$f\ (c.p.s.) = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$ (L ಹೆನ್ರಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ, c ಫ್ಯಾರಡ್‌ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ)

λ = ತರಂಗಾಂತರ ಆದರೆ,

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{f\ (c\ p.s.)} \text{ ಮೀಟರ್‌ಗಳು} \qquad 9.72$$

ಈ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳು ಈಥರ್ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರ

ವಾಗುವಾಗ, ಈ ಈಥರ್ ಕಣಗಳು, ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ, ಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದುತ್ತವೆ.

X_1 Y,Z ಎಂಬ ಮೂರು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬ ಅಕ್ಷಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲವು (E) y ನೇರದಲ್ಲಿ ಇದ್ದು, ಅದರ ಬದಲಾವಣೆಯೂ x ಮತ್ತು tಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸೋಣ.

ಹಾಗೆಯೇ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಬಲ (H) Zನ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಸೀಮಿತವಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ಬದಲಾವಣೆಯು x ಮತ್ತು tಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿಸಿರಲಿ.

ಆಗ, ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿರುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ಮೂಲ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ k_o ,μ_o ಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಗುಣಾಂಕ (Dielectric Constant) ಮತ್ತು ವ್ಯಾಪಕತೆಯ ಗುಣಾಂಕ (Permeability) ಗಳಾದರೆ, ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬಹುದು.

$$\frac{d^2E}{dt^2} = \frac{1}{K_o\mu_o} \cdot \frac{d^2E}{dx^2}$$

ಇದು x-y ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಲೆಯ ಸಮೀಕರಣದಂತಿದ್ದು, ಇದರ ವೇಗವು

c ಆದರೆ, $c^2 = \frac{1}{K_o\,\mu_o}$; $c = \sqrt{\frac{1}{K_o\mu_o}}$ (X ನೇರದಲ್ಲಿ)

ಹಾಗೆಯೇ, H ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ,

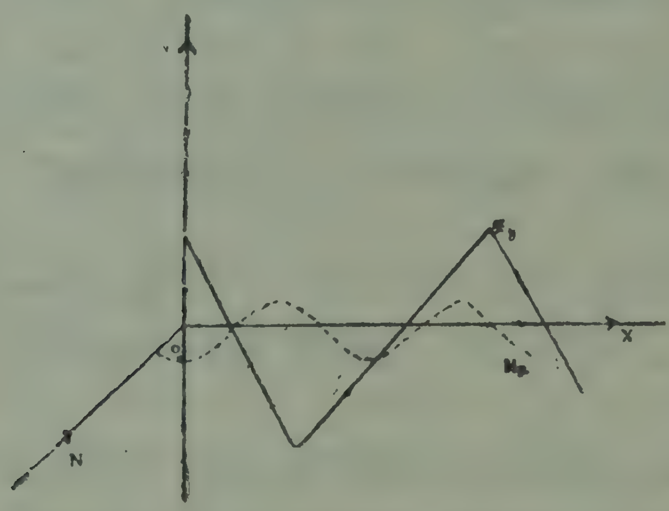
$$\frac{d^2H}{dt^2} = \frac{1}{K_o\mu_o} \cdot \frac{d^2H}{dX^2}$$

ಇದೂ ಕೂಡ H – Z ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಲೆಯ ಚಲನೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ವೇಗವು ಕೂಡ

$$c = \sqrt{\frac{1}{\mu_o K_o}} \qquad 9{\cdot}73$$

ಆದ್ದರಿಂದ, E ಕ್ಷೇತ್ರವು Y ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ, H ಕ್ಷೇತ್ರವು Z ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ ಇದ್ದು ಇವುಗಳ ಆಂದೋಳನಗಳ ಫಲವಾಗಿ, ಮುಕ್ತ ಹರವಿನಲ್ಲಿ (free space) X ನೇರ

ದಲ್ಲಿ (ಅಂದರೆ Y,Z ಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ) ಅಲೆಗಳು 'c' $= \frac{1}{\sqrt{K_0 \mu_0}}$ ವೇಗ ದಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತವೆ ಎಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 9.19 ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳು

ಈ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ ತಾತ್ವಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗೂ ಮುಂದೆ ಹರ್ಟ್‌ಜ್ (Hertz) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಸಂಪೂರ್ಣವಾದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಮರ್ಥನೆಗಳನ್ನು ನಿದರ್ಶಿಸಿದನು. ಇದರಿಂದ ಬಾನುಲಿ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರ (wire-less waves)ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಒಂದು ಹೊಸ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಶಾಖೆಯೇ ತೆರೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಕ್ರಮೇಣ, ಇವುಗಳ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಇಡೀ ಪ್ರಪಂಚವನ್ನೇ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸುವ ವಾರ್ತಾ ಮತ್ತು ಚಿತ್ರ ಪ್ರಸಾರಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಉಪಯೋಗಗಳನ್ನು ನಾವು ಈಗ ಪಡೆಯುತ್ತಿದ್ದೇವೆ.

ಮತ್ತೊಂದು ಮಹತ್ವಪೂರಿತವಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ರೂಪದ ವಿಕಿರಣವೆಂದೂ ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಅಖಂಡ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ರೋಹಿತ (Electro-magnetic spectrum)ದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ, ಬಾನುಲಿಪ್ರಸಾರದ ಅಲೆಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು, ಉಷ್ಣ, ಬೆಳಕು, ಊದಾತೀತ (ultraviolet), x–ಕಿರಣಗಳು, *r*–ಕಿರಣಗಳು ಮುಂತಾದುವುಗಳ ವಿತಿರಣಗಳನ್ನು ಅಡಗಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ.

9.17 ಪರಿವರ್ತಕ ಯಂತ್ರ (Transformer)

ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸಿ, ಅದನ್ನು ಅತಿದೂರವಾಗಿರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳಿಗೆ ಕೊಂಡೊಯ್ದು ಅಲ್ಲಿ ಜನಸಾಮಾನ್ಯರ ನಿತ್ಯ ಬಳಕೆಗೆ ಉಪಯೋಗವಾಗುವಂತೆ ಹಂಚಿಕೆ ಸಂಸ್ಥೆಯನ್ನು ಏರ್ಪಾಡು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಉದ್ದೇಶವನ್ನು ಸಫಲಗೊಳಿಸಲು, ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು

(A.C.) ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು ಅವಶ್ಯಕವಾಗುತ್ತದೆ. D.C. ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಹಲವಾರು ತೊಡಕುಗಳನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲು A.C. ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೇ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಿ ಹಂಚುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಿಗೆ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಜನಕ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಹಂಚಿಕೆ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ A.C. ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕಗಳ ಮೂಲಕ ಬಹಳ ದೂರ ಒಯ್ಯಬೇಕಾದರೆ, ತಂತಿಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ e.m.f. ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವು ಈ ಹೆಚ್ಚು ಕರ್ಷಣ (Tension) ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಕಡಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಈ ಹೆಚ್ಚು ಕರ್ಷಣದ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಜನಕ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸುವುದು ಬಹಳ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ತಂದೊಡ್ಡುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ, ಹಂಚಿಕೆ ಕೇಂದ್ರಗಳಲ್ಲಿ, ಮನೆಗಳಲ್ಲಿ, ದೀಪದ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಮುಂತಾದುವುಗಳಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವುದು ಕಡಮೆ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗಳು. ಹೀಗಾಗಿ, ಮೊದಲು ವಿದ್ಯುತ್‌ಜನಕ ಕೇಂದ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸುವ A.C. ವಿದ್ಯುತ್ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಮೊದಲು ಯಂತ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಈ ವೋಲ್ಟೇಜನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಡಮೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಈ HT ವೋಲ್ಟೇಜನ್ನು ತಂತಿಗಳ ಮೂಲಕ ದೂರ ಪ್ರದೇಶಗಳಿಗೆ ಒಯ್ಯಬೇಕು. ಮತ್ತೆ ಹಂಚಿಕೆ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಯಂತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದ H.T. ವೋಲ್ಟೇಜನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾದ ಕಡಮೆ ಮೌಲ್ಯ (L.T.)ಗೆ ಇಳಿಸಿ ಇದನ್ನು ಹಂಚಿಕೆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಯಂತ್ರ ಉಪಕರಣಗಳ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ. (i) L.T. ವೋಲ್ಟೇಜ್ (E) ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು (I) ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡಿ H.T. ವೋಲ್ಟೇಜ್ (E_2) ಮತ್ತು ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣ (I_2) ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ತರುವುದು (ii) ಹೆಚ್ಚು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕರ್ಷಣವನ್ನು ಮತ್ತೆ ಕಡಮೆ ವೋಲ್ಟೇಜ್ (ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ) ಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡುವುದು. ಇದರಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವಾಗ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು (Power) ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿದರೆ,

$$E_1I_1 = E_2I_2$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} \qquad 9.74$$

10,000 ವೋಲ್ಟ್ x (1 ಆಂಪಿಯರ್ ಪ್ರವಾಹ) = 10,000 ವಾಟ್ಸ್.
ಹಾಗೆಯೇ 100 ವೋಲ್ಟ್ x 100 ಆಂಪಿಯರ್ = 10,000 ವಾಟ್ಸ್.

ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗಳು ಯಾವ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೋ ಅದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಕ ಯಂತ್ರ (Transformer) ಎಂದು ಹೆಸರು.

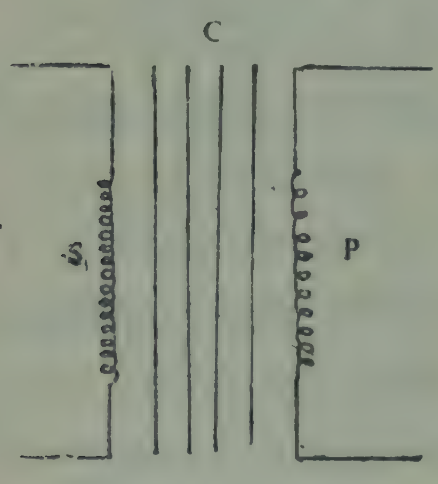
9.18 ಪರಿವರ್ತಕ ಯಂತ್ರದ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಣೆ

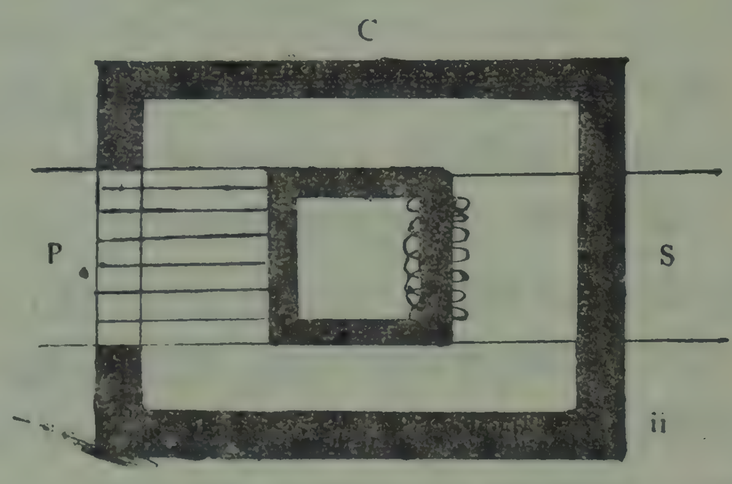
ಪರಿವರ್ತಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಎರಡು ಅಂಗಗಳಿವೆ.

(i) ಪ್ರಥಮ ಸುರಳಿ (Primary coil(ತಂತಿ – ಇದರ ತುದಿಗಳಿಗೆ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ (A.C.) ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ

(ii) ದ್ವಿತೀಯ ಸುರಳಿ ತಂತಿ (Secondary coil) – ಇದರಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ e.m.f. ಚೋದನೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಎರಡು ಸುರಳಿಗಳನ್ನು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕವಿಲ್ಲದಂತೆ (completely insulated) ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ (ಕೋಶ) ಕೋರ್ (core) ಮೇಲೆ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಬ್ಬಿಣದ ವಸ್ತುವು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಹಲವಾರು ತೆಳುವಾದ ಕಬ್ಬಿಣದ ಪದರಗಳನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ.





ಚಿತ್ರ : 9.20 ಪರಿವರ್ತಕ ಯಂತ್ರ

9.20 ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ P ಎಂಬುದೇ ಪ್ರಥಮ ಸುರಳಿ, C ಕಬ್ಬಿಣದ ಕೋರ್, S ದ್ವಿತೀಯ ಸುರಳಿ. (b) ಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಕಬ್ಬಿಣದ ಕೋರ್‌ಗಳನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎರಡು ಕಬ್ಬಿಣದ ಜೋಡಕಗಳೊಡನೆ (Yokes) ಬಂಧಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ಕಾಂತೀಯ ಮಂಡಲವನ್ನು ರಚಿಸಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

P,S ಸುರಳಿಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದಂತೆ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ನ ಪರಿವರ್ತನೆ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಕಬ್ಬಿಣದ ಕೋರ್‌ನೊಂದಿಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವ ರೇಖೆಗಳ ಹರಿವು (Flux) ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರೊಂದಿಗೆ S ಸುರಳಿಯ ಸುತ್ತುಗಳು ಹೆಣೆದಿರುವುದರಿಂದ ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದಂತೆ e.m.f. ಪ್ರಮಾಣವು ಚೋದಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಸರಿಯಾಗಿ ರಚಿಸಿದ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ, S ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಚೋದಕವಾಗುವ e.m.f. ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಎಲ್ಲ e.m.f. ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಇರುತ್ತದೆ.

ಈಗ S ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳು ತೆರೆದ ಮಂಡಲ (open circuit) ದಲ್ಲಿ ಇದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಅಂದರೆ ಅದರಿಂದ, ನಾವು ಹೊರಗೆ ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಎಳೆಯುತ್ತಿಲ್ಲ. ಹೀಗಿರುವಾಗ, P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ತಾತ್ಕಾಲಿಕವಾದ (instantaneous e.m.f = E_1 ಆಗಿರಲಿ. ಅದರಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು I_1 ಆಗಿದ್ದು, E_1 ಗಿಂತ 90° ಹಿಂದಿರುತ್ತದೆ, (phase) ಇದರಿಂದ ಕಬ್ಬಿಣದ ಕೋರ್‌ನಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಹರಿವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ, P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಒಂದು ವಿರೋಧ e.m.f. ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೂ (e) E_1 ಎಂದೇ ಭಾವಿಸಬಹುದು,

P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ n_1 = ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ N = ಒಂದು ಸುತ್ತಿನಿಂದ ಹರಿವು (Flux)

$$E_1 = e = -n_1 \frac{dN}{dt}$$

$$\left[\frac{dN}{dt} = \text{ಹರಿವಿನ ಬದಲಾವಣೆಯ ದರ} \right]$$

P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಕಾಂತೀಯ ಹರಿವೆಲ್ಲವೂ S ಸುರಳಿಯೊಡನೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಂಡಿರುವುದರಿಂದ, S ಸುರಳಿಯ ಒಂದು ಸುತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರಿತವಾಗುವ e.m.f. ಪ್ರಮಾಣವೂ, ಇದೇ ಹರಿವಿನಿಂದ P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಚೋದಿತವಾಗಿರುವ e.m.f. ಗೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ಇದು E_2 ಆದರೆ,

$$E_2 = -n_2 . \frac{dN}{dt}$$

ಇಲ್ಲಿ n_2 = S ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿರುವ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ.

ಹೀಗಾಗಿ ಬಾಹ್ಯನಿರೋಧ (Load) ವು ಏನೂ ಇಲ್ಲದಿದ್ದಾಗ, S ಸುರಳಿಯು ತುದಿಗಳು ತೆರೆದ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವಾಗ, ಆದರ್ಶ ಸನ್ನಿವೇಶ (Ideal Condition) ವು ಇರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಈ ಸಂಧರ್ಭದಲ್ಲಿ $E_1 = V_1 = P$ ಸುರಳಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ e.m.f. ಮತ್ತು $E_2 = V_2 = S$ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿ ಚೋದಿಸಲ್ಪಟ್ಟ e.m.f.

$$\therefore \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{n_2}{n_1} = m = \text{ಪರಿವರ್ತಕ ಅಪವರ್ತನ} \qquad 9.75$$

$$\frac{\text{S ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಚೋದಿತವಾದ e.m.f.}}{\text{P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ e.m.f.}}$$

$$= \frac{\text{S ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿರುವ ತಂತಿಸುತ್ತುಗಳಸಂಖ್ಯೆ } (n_2)}{\text{P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿರುವ ತಂತಿಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ } (n^1)}$$

ಇದು ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಸೂತ್ರ. ಆದಕ್ಕೆ ಅದರಲ್ಲಿ ತಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿರುವ ನಿಬಂಧನೆಗಳು ಪಲಿಸಲ್ಪಡಬೇಕು.

$$m = \text{ಪರಿವರ್ತಕ ಸಂಖ್ಯೆ} = \frac{n_2}{n_1}$$

$m > 1$ ಆದರೆ, ಪರಿವರ್ತಕವು ಆರೋಹಕಯಂತ್ರ (Step up transformer)

$m < 1$ ಆದರೆ, ಪರಿವರ್ತಕವು ಅವರೋಹಕ ಯಂತ್ರ (Step-down transformer)

ಇದು ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನಸದಲ್ಲಿಡಬೇಕು.

9.19 ಪರಿವರ್ತಕದ ಸರಳ ತತ್ವ

ಬಾಹ್ಯನಿರೋಧ (load) ವಿದ್ದು, ದ್ವಿತೀಯ ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿ, ಅದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಎಳೆಯುವಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು. (Transformer on Load) ಹೀಗೆ ದ್ವಿತೀಯ ಸುರಳಿಯಿಂದ ಎಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು I_2

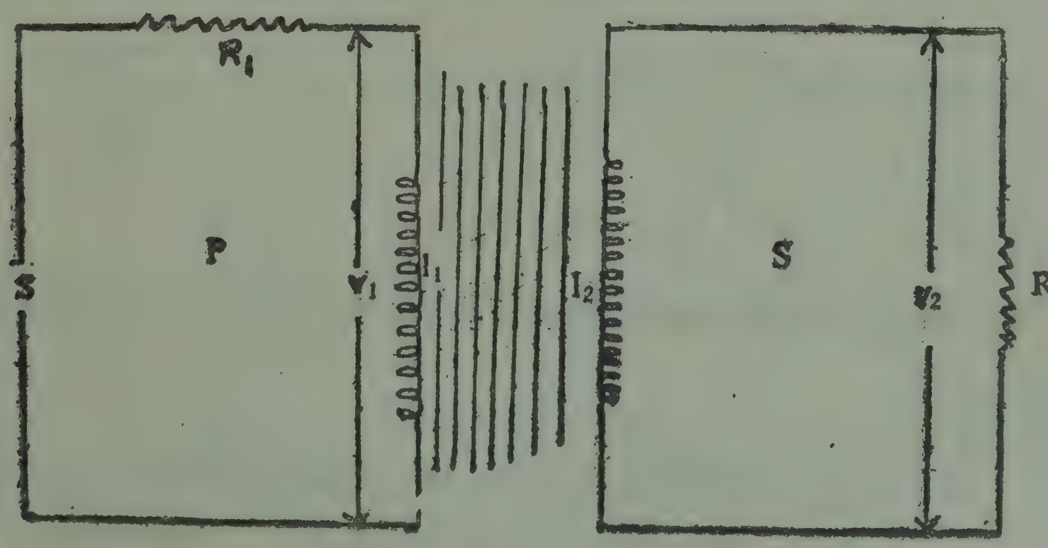
ಆಂಪಿಯರ್‌ಗಳಾದರೆ, ಇದರ ಪರಿಣಾಮವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. ಲೆನ್‌ಜ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, ಚೋದಿತ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ, ಇದು ವಿರೋಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ ಕೋರ್ ಅನ್ನು ನಿಷ್ಕಾಂತೀಯಗೊಳಿಸುವಂತೆ ಪ್ರವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ, ಈ ಕಾಂತೀಯ ಹರಿವು ಕಡಮೆಯಾಗುವುದರ ಫಲವಾಗಿ. P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ (ಪ್ರಥಮ ಸುರಳಿ) ವಿರೋಧ e.m.f. ಇಳಿಯುವುದರ ಮೂಲಕ, ಆ ಸುರಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿರುವ ಮೂಲದಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಹೆಚ್ಚಳಪ್ರವಾಹವು (I_1) ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ, ಕಾಂತೀಯ ಹರಿವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ವಿರೋಧ e.m.f. ವೃದ್ಧಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ, P ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವ e.m.f. ಮತ್ತು ವಿರೋಧ e.m.f. ಸಮವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ನಿಷ್ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ತಡೆದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಆ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಒದಗಿಸುವ ಶಕ್ತಿ (input) ಯೂ ಹೊರತೆಗೆಯುವ ಶಕ್ತಿ (output) ಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು. (ಬೇರೆ ಯಾವ ಶಕ್ತಿವ್ಯಯಗಳು ಇಲ್ಲವೆಂದು ಭಾವಿಸಿದೆ)

$$\therefore \quad I_2V_2 = I_1V_1; \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{m} = \frac{n_1}{n_2}.$$

$$\therefore \quad I_1 n_1 = I_2 n_2 . \qquad 9.76$$

ಆದ್ದರಿಂದ. S ಸುರಳಿಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸುತ್ತುಗಳಿದ್ದರೆ ($m>1$), ಅದರಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವೋಲ್ಟೇಜ್ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಅದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಈ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಪಾತ್ರಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರ (9.21)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ರಚನೆಯುಳ್ಳ ಪರಿವರ್ತಕವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 9 21 ಪರಿವರ್ತಕ (Transformer on Load)

P ಸುರಳಿಯ ಮಂಡಲ

ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ e.m.f.	E_1
ರೋಧ	R_1
ಸ್ವಪ್ರ ಚೋದಕತ್ವ	L_1
ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖೆ	n_1
ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಪ್ರಮಾಣ	I_1
P ಸುರಳಿಯ ನಡುವಣ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ e.m.f. =	V_1

S ಸುರಳಿಯ ಮಂಡಲ

ರೋಧ	R_2
ಸುರಳಿಯ ಸುತ್ತುಗಳು	n_2
ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವ	L_2
ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ	I_2.

S ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳ ನಡುವಣ e.m.f. $= V_2$.

P, S ಗಳ ನಡುವಣ ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಚೋದಕ ಗುಣಾಂಕ $= M$ (Coefficient of mutual induction)

$$V_1 - E_1 = I_1 R_1$$

$$E_1 = V_1 - I_1 R_1$$

$$E_2 = V_2 + I_2 R_2.$$

$$\frac{E_2}{E_1} = m = \frac{V_2 + I_2 R_2}{V_1 - I_1 R_1}$$

$$V_2 = m(V_1 - I_1 R_1) - I_2 R_2$$

$$= mV_1 - mI_1 R_1 - I_2 R_2$$

$$= mV_1 - I_2 (m^2 R_1 + R_2) \; [I_1 = m I_2] \; (9.76) \qquad 9.77$$

ಇಲ್ಲಿ R_1, R_2, m ಗಳು ನಿಯುತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, I_2 ಪ್ರಮಾಣ ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟೂ V_2 ಕಡಮೆಯಾಗಬೇಕು.

ಈಗ P,S ಗಳ ಮಂಡಲಗಳಲ್ಲಿ L_1, Z_1 ಇರುವುದರ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು. E_1, E_2ಗಳು, P, S ಸುರಳಿಗಳ ಕಾರ್ಯತ: (operating) e.m.f. S ಗಳಾದರೆ,

$$E_1 = - L_1 \frac{dI_1}{dt}$$

$$E_2 = - M. \frac{dI_1}{dt}$$

$$\therefore \frac{E_2}{E_1} = \frac{M}{L_1}$$

ಇದೂ ಅಲ್ಲವೆ, $E_1 = - M . \frac{dI_2}{dt}$

$$E_2 = - L_2 . \frac{dI_2}{dt}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{L_2}{M} .$$

ಆದ್ದರಿಂದ, $\frac{M}{L_1} = \frac{L_2}{M}$; $M^2 = L_1 L_2$ 9.78

ಇದರಲ್ಲಿ ನಾವು ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿರುವ ಪ್ರಕಾರ ಹರಿವಿನಲ್ಲಿ ಯಾವ ಸೋರುವಿಕೆಯೂ (leakage) ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ, ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ನೋಡಿದರೆ ಹರಿವಿನ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗದಿಂದ ಮಾತ್ರ e.m.f. ಪ್ರಚೋದಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಭಾಗವು K ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$M = kL_1 . \frac{E_2}{E_1} = kL_2 . \frac{E_1}{E_2} .$$

$\therefore \frac{M^2}{L_2 L_2} = k^2$ [K = ಜೋಡಣೆಯ ನಿಯತಾಂಕ (Coupling Constant] 9.79

$L_1 \propto n_1^2; L_2 \propto n_2^2 \quad \therefore \frac{L_2}{L_1} = \frac{n_2^2}{n_1^2} = m^2$ 9.80

ಆದ್ದರಿಂದ ನಮಗೆ ಬೇಕಾಗಿರುವ ಪರಿವರ್ತಕ ಸಂಖ್ಯೆ (m) ಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ನಾವು L_1 ಮತ್ತು L_2 ಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

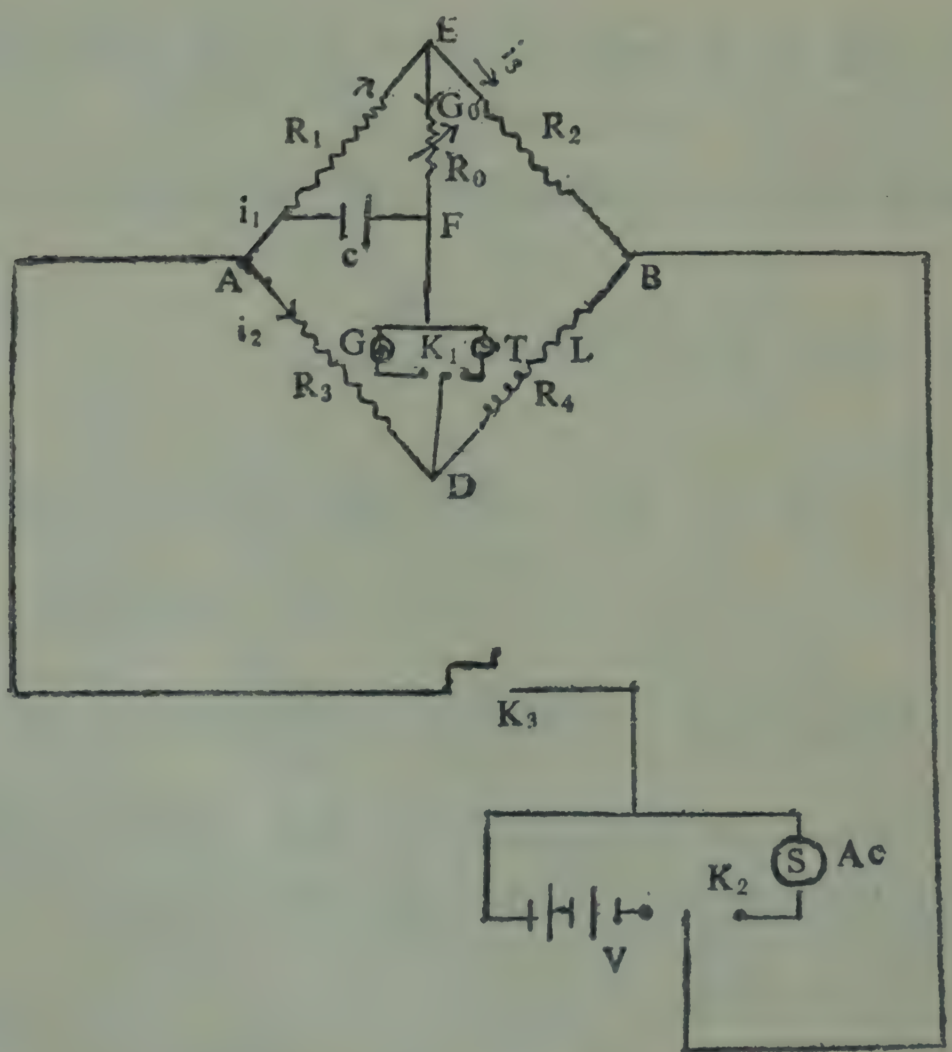
ಈ ವೋಲ್ಟೇಜ್ ಪರಿವರ್ತನ ಕ್ರಿಯೆಯೇ ಪರಿವರ್ತಕ ಯಂತ್ರದ ಪ್ರಧಾನ ಗುಣ. ಇದರಿಂದಲೇ AC ಗೆ DC ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯುಕ್ತತೆ ಇರುತ್ತದೆ.

ಅವರೋಹಕ (step-down)ಯಂತ್ರಗಳ ಲೋಹಗಳನ್ನು ಬೆಸೆಯುವುದಕ್ಕೂ (welding) ಪ್ರಚೋದಕ ಕುಲುಮೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಈ ಕುಲುಮೆಗಳಲ್ಲಿ ಸೀಸ ಮತ್ತು ಇತರ ಲೋಹಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕರಗಿಸಬಹುದು.

9.20 ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವ (L) ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ವಿಧಾನ ಆಂಡರ್‌ಸನ್ ಪ್ರಯೋಗ (Anderson's Bridge Method)

ರೋಧಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ವ್ಹೀಟ್‌ಸನ್ ವ್ಯೂಹದ ಪ್ರಯೋಗವು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿರುವಂತೆಯೇ, ಸುರುಳಿಗಳ ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಅದೇ ವಿಧಾನವನ್ನಾಗಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳೊಡನೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು ಆಂಡರ್‌ಸನ್-ಸೇತುವೆ ವಿಧಾನ. ಇದರ ಒಂದು ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೇನೆಂದರೆ, ಒಂದೇ ಒಂದು ಸಂಗ್ರಹಕೋಶ (c) ವನ್ನೂ ಉಳಿದಂತೆ ಹಲವು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಬಹುದಾದ ರೋಧಗಳೂ ಇವೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಉಪಕರಣಗಳ ರಚನೆಯನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರ (9.22) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 9.21 ಆಂಡರ್‌ಸನ್ ಪ್ರಯೋಗ

ಈ ವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ವೀಟ್‌ಸ್ಟನ್-ಸೇತುವೆಯ ರಚನೆಯಂತೆಯೇ ನಾಲ್ಕು ಬಾಹುಗಳಲ್ಲಿಯೂ, R_1, R_2, R_3, R_4 ಎಂಬ ನಾಲ್ಕು ರೋಧಗಳಿವೆ. A,Bಗಳ ನಡುವೆ K_1 ಬೆಣೆಯ ಮೂಲಕವೂ K_2 ಮೂಲಕವೂ, V ಎಂಬ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶ ಇರುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ E,Dಗಳ ನಡುವೆ G ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕ ಇದೆ. K_2 ಬೆಣೆಯ ಮೂಲಕ ಇದನ್ನು ಮಾತ್ರ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಬಹುದು.

ಇದೂ A.C. ಮೂಲಕ್ಕೂ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ, Gಗೆ ಬದಲಾಗಿ T ಎಂಬ ಟೆಲಿ ಫೋನ್‌ಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವಾಗ, ನಾಲ್ಕನೆಯ ಬಾಹುವಿನಲ್ಲಿ R_4 ಜೊತೆಗೆ ಶ್ರೇಣಿಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ (L) ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕವನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿದೆ. ಹಾಗೆಯೇ, NEF ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಒಂದು ಶಾಖೆಯಲ್ಲಿ C ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವೂ, R_0 ಎಂಬ ಬದಲಾಯಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿರುವ ರೋಧ R_0 ಇವೆ. R_0 ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ Cಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ i_0 ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಸೂಕ್ತಗೊಳಿಸಬಹುದು ಆದರೆ, ಈ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಸ್ಥಿರವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹಗಳಿಗೆ G ಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವಾಗ ಗಣನೆಗೆ ಬರುವುದಿಲ್ಲ.

ಸೊನ್ನೆಗೊಳಿಸುವಿಕೆ ಸಿದ್ಧಾಂತ

ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು

V-ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದೊಡನೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ, G ಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ D.C. ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡುವಾಗ, R_1,R_2 ಮುಂತಾದುವುಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ, Gಯಲ್ಲಿ ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವೂ ಇಲ್ಲದಂತೆ ಸಮಸ್ಥಿತಿ (balance) ಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

$$\text{ಆಗ} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \; ; \quad \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} \qquad 9.80$$

ಇದಾದ ನಂತರ, K_2 ಬೆಣೆಯನ್ನು A.C. ಮೂಲಕ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ, K ಬೆಣೆಯನ್ನು G ಗೆ ಬದಲು ಟೆಲಿಫೋನ್ T ಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಬೇಕು. ಈಗ R_0 ರೋಧವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಸಮಸ್ಥಿತಿ (balance) ಯನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಬೇಕು. ಆಗ ಟೆಲಿಫೋನ್‌ನಲ್ಲಿ ಕೇಳುವ ಶಬ್ದವು ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಎರಡು ಸಮಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ, EFD ಶಾಖೆಯಲ್ಲಿರುವ GT ಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವೂ ಇಲ್ಲ ಎಂದು ಗಣಿಸಬಹುದು. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ANE ಶಾಖೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು i_1, EB ಶಾಖೆಯಲ್ಲಿ i_3, AD, DB ಶಾಖೆಗಳಲ್ಲಿ i_2 ಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳಿರಲಿ.

ಹಾಗೂ, NFE ಶಾಖೆಯಲ್ಲಿ C ಮತ್ತು R_0 ಗಳ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು i_0 ಆಗಿರಲಿ.

E ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ, ಕಿರ್ಛಾಫ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ,

$$i_3 = i_1 + i_0$$

ENF ಶಾಖೆಯಲ್ಲಿ $R_1 i_1 - \frac{1}{C}\int i_0 dt - R_0 i_0 = O$

$$\therefore \quad R_1 i_1 = \frac{1}{C}\int i_0\, dt + R_0\, i_0$$

$$i_1 = \frac{1}{R_1 C}\int i_0\, dt + \frac{R_0}{R_1} \cdot i_0 \qquad 9.82$$

ANFD ವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ

$$\frac{1}{C}\int i_0\, dt = i_2 R_3.$$

$$i_2 = \frac{1}{R_3 C}\int i_0\, dt. \qquad 9.83$$

ಮತ್ತು $\frac{di_2}{dt} = \frac{i_0}{R_3 C}$ 9.84

DFEB ವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿ

$$R_0\, i_0 + R_2 I_3 = R_4 I_2 + L \,.\, \frac{di_2}{dt} \qquad 9.85$$

(9.82 ಸಮೀಕರಣದಿಂದ)

$$i_3 = i_1 + i_0 = \frac{1}{R_1 C}\int i_0\, dt + \frac{R_0}{R_1} \cdot i_0 + i_0$$

ಈಗ, 9.85 ಸಮೀಕರಣವು ಹೀಗಾಗುತ್ತದೆ.

$$R_0 i_0 + \frac{R_2}{R_1 C}\int i_0\, dt + \frac{R_2 R_0}{R_1} \cdot i_0 + R_2\, i_0$$

$$\therefore \quad = \frac{R_4}{R_3 C}\int i_0\, dt + \frac{L i_0}{R_3 C} \qquad 9.86$$

9.84 (a) ಸಮೀಕರಣದಿಂದ, $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$ ಆದ್ದರಿಂದ,

$$\frac{R_2}{R_1 C} \int i_0\, dt = \frac{R_4}{R_3 C} \int i_0\, dt$$

$$\therefore \quad R_0 i_0 + \frac{R_2 R_0 i_0}{R_1} + R_2 i_0 = \frac{L\, i_0}{R_3 C}$$

$$\therefore \quad \frac{L}{C} = R_3 R_0 + \frac{R_2 R_3 R_0}{R_1} + R_2 R_3$$

ಆದರೆ, $\frac{R_2 R_3}{R_1} = R_4$

$$\therefore \quad L = C \left[(R_3 + R_4) R_0 + R_2 R_3 \right] \qquad 9.87$$

ಬಲಗಡೆ ಇರುವ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಗೊತ್ತಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಮೇಲಿನ ಸೂತ್ರದಿಂದ L ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುಬಹುದು.

9·21 ಕೆಲವು ಅಭ್ಯಾಸಗಳು

I ಒಂದು L.R.C. ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ A.C. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವಾಗ, ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕದ ರೋಧವು 1ಓಂ ಮತ್ತು ಪ್ರಚೋದಕತ್ವ =0.015 ಹೆನ್ರಿ. ಇದರೊಂದಿಗೆ 3 ಓಂ ರೋಧದ ಒಂದು ತಂತಿಯ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದೆ. ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ r.m.s. ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು 2 ಆಂಪಿಯರ್ ಮತ್ತು ವೋಲ್ಟೇಜ್ 10 ವೋಲ್ಟ್ಸ್. ಹಾಗಾದರೆ, (a) ಮಂಡಲದ ನಿರೋಧಕತ್ವ (Z) (b) A.C. ಯ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ (f) ; (C) ನೆಲೆ ಕೋನ ಮತ್ತು (d) ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕದ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿರಿ

(a) $Z = \frac{10 \text{ ವೋಲ್ಟ್}}{2 \text{ ಆಂಪಿಯರ್}} = 5$ ಓಂ.

(b) ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕತ್ವದ ರೋಧವು r ಮತ್ತು ಬೇರೆ ರೋಧವು R ಓಂ ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$Z^2 = (R + r)^2 + L^2 p^2$$

$$= (3 + 1)^2 + L^2 p^2 = 25$$

$$L^2 p^2 = 25 - 16 = 9; Lp = 3; L = 0{\cdot}015$$

$$\therefore \quad p = \frac{3}{0{\cdot}015} = 200 = 2\pi f$$

$$\therefore \quad f = \frac{p}{2\pi} = \frac{200}{2 \times 3.14} = 31.8 \text{ c.p.s}$$

(c) $\phi =$ ಸೆಲೆಕೋನವಾದರೆ,

$\tan\phi = \dfrac{Lp}{R + r} = \dfrac{3}{4} = 0.75 ; \phi =$ 37 ಡಿಗ್ರಿಗಳು (ಸುಮಾರು)

$\phi = \dfrac{37 \text{ x } \pi}{180}$ ರೇಡಿಯನ್ $=$ 0.65ರೇಡಿಯನ್

(d) L ನಡುವಣ ವೋಲ್ಟೇಜ್

$$= 2\sqrt{L^2 p^2 + r^2}$$

$= 2\sqrt{9 + 1} = 2\sqrt{10} = 6.2$ ವೋಲ್ಟ್.

II 200 ವೋಲ್ಟ್, 50 c.p.s., ಪರ್ಯಾಯ e.m.f. ಅನ್ನು ಒಂದು ಸಂಗ್ರಹಕೋಶ ಮತ್ತು ಅದರೊಂದಿಗೆ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ 20 ವೋಲ್ಟ್, 5 ವಾಟ್ ದೀಪದೊಂದಿಗೆ ಇರುವ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದ ಗ್ರಹಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೇನು?

ದೀಪದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು I ಆಂಪಿಯರ್ ಆದರೆ $I = \dfrac{5 \text{ ವಾಟ್}}{20 \text{ ವೋಲ್ಟ್}}$

$= \frac{1}{4}$ ಆಂಪಿಯರ್

ದೀಪದ ರೋಧ $= R = \dfrac{20 \text{ ವೋಲ್ಟ್}}{1/4 \text{ ಆಂ}} = 80$ ಓಂ

$Z = \dfrac{200 \text{ ವೋಲ್ಟ್}}{1/4 \text{ ಆಂಪಿಯರ್}}$ 800 ಓಂ.

ಆದರೆ. $Z^2 = R^2 + \frac{1}{C^2 p^2}$

$$\therefore \quad 800^2 = 80^2 + \frac{1}{C^2 p^2}$$

$$\phi = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 100\pi$$

$$\therefore \quad C = \frac{1}{\sqrt{800^2 - 80^2} \times 100\pi} = 4 \times 10^{-6} \text{ ಫಾರಡ್}$$

= 4 ಮೈಕ್ರೋ ಫಾರಡ್

III. ಒಂದು A.C. ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಮೂಲ e.m.f = 200 ವೋಲ್ಟ್ 50 c.p.s. ಇದರಲ್ಲಿ 0.5 ಹೆನ್ರಿಯ ಒಂದು ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕವೂ (ಇದರ ರೋಧವನ್ನು ಗಣಿಸಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ) 15μF ಸಂಗ್ರಹ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಒಂದು ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶವೂ 100 ಓಂ ರೋಧದ ಒಂದು ತಂತಿಯೂ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದೆ. ಹಾಗಾದರೆ, (a) ಮಂಡಲದ ನಿರೋಧಕತ್ವ, (b) ಮೂಲಕೋಶದಿಂದ ಎಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ, (c) ಮಂಡಲದ ಪವರ್ ಅಪವರ್ತನ ಮತ್ತು (d) ರೋಧದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಉಷ್ಣ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿರಿ?

(a) $Z^2 = R^2 + \left(Lp - \frac{1}{pC}\right)^2 ; \; p = 2\pi f$

ಇಲ್ಲಿ R = 100 ಓಂ
L = 0.5 ಹೆನ್ರಿ
C = 15×10^{-6} ಫಾರಡ್
f = 50 c.p.s.

$\therefore Lp = 2\pi f L = 100 \times 0.5\,\pi = 157$ ಓಂ
$pC = 2\pi fC = 100\,\pi \times 15 \times 10^{-6} = 15 \times 10^{-4} \times \pi$
$\therefore \frac{1}{pC} = \frac{1}{15 \times 10^{-4}\pi} = 212$ ಓಂ

$$Z^2 = 100^2 + (-157 + 212)^2$$

$\therefore$ Z = 114 ಓಂ

(b) $I = \frac{E}{Z} = \frac{200}{114} = 1.75$ ಆಂಪಿಯರ್

(c) ರೋಧದ ನಡುವಣ PD = IR = 1·75 x 100 = 175 ವೋಲ್ಟ್ (I ನೊಂದಿಗೆ ಒಂದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ)

L ನಡುವಣ P D = $LpI = 1.75 \times 157 = 275$ ವೋಲ್ಟ್ (Iಗೆ 90°ಮುಂದು)

C ನಡುವಣ P.D. = $\frac{I}{pC} = 1.75 \times 212 = 371$ ವೋಲ್ಟ್

[Iಗಿಂತ 90° ಹಿಂದು]

$\frac{1}{pC} > Lp$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, I, Eಗಿಂತ ϕ ಮುಂದಿರುತ್ತದೆ

$$\tan \phi = \frac{\left(\frac{1}{pC} - Lp\right)}{R} = \frac{212 - 157}{100} = \frac{55}{100} = 0.55$$

$$\phi = 29^\circ \text{ ಸುಮಾರು}$$

(d) **ಪವರ್ ಆವರ್ತನ** (Cos ϕ)

$$\text{Cos } \phi = \text{Cos } 29^\circ = 0.88$$

(e) ರೋಧದಲ್ಲಿ ನಿಜವಾದ ಪವರ್ $= 100 \times 1.75 \times 1.75 \text{ Cos } \phi$

$= 268$ ವಾಟ್.

ಒಂದು ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ $\frac{1}{50}$ ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ವ್ಯಯವಾದ ಉಷ್ಣ ಶಕ್ತಿ

$= 268 \times \frac{1}{50} = 5.36$ ಜೂಲ್ $= \frac{5.36}{4.2} = 1.28$ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು

10. ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವಸ್ತು

10.1 ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನ

ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವಾಗ ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಆದಿಭಾಗದವರೆವಿಗೆ ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದ ತತ್ವಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಅದನ್ನು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿಜ್ಞಾನವೆಂದೂ ಆದರಿಂದೀಚೆಗೆ ತಿಳಿದುಬಂದಿರುವ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಆಧುನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನವೆಂದೂ ಗುರುತಿಸುವುದು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ಒಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದರೆ, 1895 ವರ್ಷವನ್ನೇ ಆಧುನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಉದಯದ ಕಾಲವನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಆಗಲೇ ನಿರ್ವಾತನಾಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಕಡಮೆ ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿ ಅನಿಲಗಳ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಗೆ (discharge of electricity through gases) ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವಾಗಿ, ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟವು. ಇವುಗಳನ್ನೇ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಂದು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಲಾಯಿತು. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ದ್ರವ್ಯಕಣಗಳ ವಾಸ್ತವ್ಯತೆಯು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ಈ ಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಾಗಿಯೂ, ಹಾಗೆಯೇ ಆದರ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಕೂಡ ಅತಿಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವೆಂದೂ ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ 'ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್' ನಾಮಧೇಯದ ಕಣವು ಏಕ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಏಕಮಾನವಾಗಿಯೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಅತಿಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಇದುವರೆವಿಗೂ ಕಂಡುಬರದಿರುವುದೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ $= e = 1.6 \times 10^{-20}$ e.m.u. $= 1.6 \times 10^{-19}$ ಕೂಲಾಂಬ್

ದ್ರವ್ಯಾಂಶ $= m = 9 \times 10^{-31}$ ಕಿಲೋಗ್ರಾಂ. 10.1

ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಕೊನೆಯವರೆಗೂ, ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕವೇ ಅತಿಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವೆಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುತೂಕದ ಸುಮಾರು $\frac{1}{1885}$ ಭಾಗವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನಂತರ ನಡೆಸಲಾಗಿರುವ ಸಂಶೋಧನೆಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಆಧುನಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿ ವಿವರಿಸುವ ಅಂಶಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಭಾಗವನ್ನಾಗಿ ಗಣಿಸಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನೇ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅಪಾರವಾದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತಶಕ್ತಿಗಳಿಗೆ ನಡುವೆ ಇರುವ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವು ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಆಯಿರ್‌ಸ್ಟಡ್, ಫ್ಯಾರಡೆ ಮತ್ತು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಎಂಬ ಮೂರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೂ ತಮ್ಮ ಅಸಾಧಾರಣವಾದ ಪ್ರತಿಭೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಸುಭದ್ರವಾದ ತಳಹದಿಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿದರು. ಇವುಗಳಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದ ಮೂರು ಮುಖ್ಯ ತತ್ವಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ.

(i) ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ. ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

(ii) ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕಕ್ಕೂ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೂ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಚಲನೆಯು ಏರ್ಪಟ್ಟರೆ. ಆ ವಾಹಕ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಕ್ಷಣಿಕವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು e.m.f. ಪ್ರೇರಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

(iii) ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಸಂಗ್ರಹ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೂ ಒಂದು ಸ್ವಪ್ರಚೋದಕದ ಮೂಲಕ ವಿಸರ್ಜಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಆಂದೋಲನಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ, ಇವುಗಳು ಅಲೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗಬಲ್ಲವು. ಇದು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತ. ಇದರ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಬೆಳಕಿನೊಂದಿಗೆ ಸಂಯೋಗಮಾಡಿ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪಕ್ಕೆ ಒಂದು ಹೊಸ ರೂಪವನ್ನು ಕೊಟ್ಟಂತಾಯಿತು. ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನವು ಬೆಳಕಿನ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟು ಬೆಳಕನ್ನೂ ಒಂದು ಅಡ್ಡ ಅಲೆ (Transverse) ಯಂತೆ ಭಾವಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯೂ ದೊರಕಿತು. ಅಂದರೆ, ಹಿಂದಿನ ಶತಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ಕಣಗಳ ಸಮೂಹವೆಂದು ತಿಳಿಸಿದ್ದ ನ್ಯೂಟನ್ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಪೆಟ್ಟುಬಿದ್ದಿತು.

ಉಷ್ಣ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಗತಿ ಕಂಡುಬಂದು, ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಅದರ ಅಣುಗಳ ಚಲನದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣದೊಡನೆ ಸರಿಹೊಂದಿಸಲಾಯಿತು. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಸಮಭಾಜಕ ಹಂಚಿಕೆಯ ತತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ (Equipartition of energy), ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಶಕ್ತಿಯು ಸ್ವತಂತ್ರತೆಯ ಎಲ್ಲ ಮಾತ್ರೆಗಳ ನಡುವೆ (degrees of freedom)

ಸಮನಾಗಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮೂಲ ಆಧಾರತತ್ವವನ್ನಾಗಿ ಗಣಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಇತ್ತೀಚಿನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಕೈಬಿಡುವ ಪ್ರಸಂಗವು ಒದಗಿದೆ.

ಇನ್ನು ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿಯೂ, ವ್ಯಾಪಕವಾದಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆದು ರಸಾಯನ ಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಒಂದು ಹೊಸ ರೂಪವು ಬಂದಿತು. ಡಾಲ್ಟನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವು ಬಂದಿತು. ಒಂದೊಂದು ಮೂಲವಸ್ತುವಿನ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳೆಲ್ಲವೂ ಅದರ ಪರಮಾಣುವಿನ ತೂಕ ಮತ್ತು ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಲಾಯಿತು. ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ತೂಕವನ್ನಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಿ, ಇದರ ಮಾನದ ಮೇಲೆ ಉಳಿದ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಯಿತು. ಇದೊಂದು ಮಹತ್ತಾದ ಸಾಧನೆ.

ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ. ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ ಇದ್ದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಅಧ್ಯಯನದ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳಾದ ವಸ್ತು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದ್ದಿತು. ಅವುಗಳನ್ನು ಹೀಗೆ ಸಂಗ್ರಹಿಸಬಹುದು.

1. ಪರಮಾಣು ಸಿದ್ಧಾಂತ

ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ ಸುಮಾರು 92 ಮೂಲಭೂತಧಾತುಗಳ (elements) ಸಂಯೋಜನೆಯ ಮೂಲಕ ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡಬಹುದು. ಈ 92 ಧಾತುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳೆಲ್ಲವೂ ಆಯಾ ವಸ್ತುಗಳ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ತೂಕ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ, ಪರಮಾಣು ತೂಕಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣು. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆಯಾದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಯಾವ ವಸ್ತುವೂ ಹೊಂದಿರಲಾರದು.

2. ಉಷ್ಣ ಮತ್ತು ಬೆಳಕು

ಇವುಗಳ ವಿಕಿರಣವನ್ನು (radiation) ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಭೇದಗಳಾಗಿ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳ ಪ್ರಸಾರವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತವೆ, ಅಲೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರ (wave-length) ಗಳೇ ಇವುಗಳ ಭಿನ್ನತೆಗೆ ಮೂಲ ಕಾರಣ. ಅಲೆ ಎಂದರೆ ವಿಕಿರಣದ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಸ್ವರೂಪದ ಪ್ರತೀಕ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಅಂದರೆ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣದ ಸ್ವರೂಪದಲ್ಲಿ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆ (Continuity)

ಯ ಲಕ್ಷಣವು ಅಡಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಹಾಗೂ, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಆಧಾರ ತತ್ವವನ್ನಾಗಿ ಭಾವಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು.

3. ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತಶಕ್ತಿ

ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿದರೂ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಮೂಲಕಾರಣವ ಸ್ವರೂಪದ ತತ್ವದ ವಿಷಯವಾಗಿ ಅಷ್ಟೇನೂ ಗೊತ್ತಾಗಿರಲಿಲ್ಲ, ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ನಿಯಮಗಳನ್ನೂ ವಿವರಿಸಲಾಯಿತು. ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿಯು ಕೆಲವೇ ವಸ್ತುಗಳ – ಕಬ್ಬಿಣ, ನಿಕ್ಕಲ್, ಕೋಬಾಲ್ಟ್ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣಗಳಾಗಿ ಏಕೆ ಇರಬೇಕು ? ಉಳಿದ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ ವಿಷಯವೇನು ? ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೂ ಸೂಕ್ತ ಉತ್ತರಗಳು ಕಂಡುಬರಲಿಲ್ಲ. ಹಾಗೆಯೇ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವೆಂದರೆ ಅದರ ನಿಜವಾದ ರೂಪವೇನು ಎಂಬ ವಿಷಯದಲ್ಲಿಯೂ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಜ್ಞಾನವು ಲಭಿಸಲಿಲ್ಲ ಎಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು.

ವಸ್ತು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ (ವಿಕಿರಣ) ಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆಯೂ ತಿಳಿಯಬೇಕಾಯಿತು. ವಸ್ತು ಎಂದರೆ ಪರಮಾಣು ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯ (discontinuous) ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಣಗಳ ಸಮೂಹ ಎಂದು ತಿಳಿಸಬಹುದು. ಶಕ್ತಿಯ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳಾದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿ, ಉಷ್ಣಶಕ್ತಿ, ಕಾಂತಶಕ್ತಿ, ಜೀವಿಸ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಗಳ ನಡುವೆ ಪರಸ್ಪರ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಸಂಬಂಧದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಶಕ್ತಿಯ ನಿಯತತ್ವದ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ವಸ್ತು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಗಳಿಗೆ ಸಮಾನವಾದ ನಿಯತತ್ವದ (Conservation Principle) ನಿಯಮವು ಮೂಲಭೂತವಾದುದು.

ವಿಕಿರಣ ಶಕ್ತಿಯು ವಿವಿಧ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ನಡುವೆ ಹೇಗೆ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ವಿಷಯದಲ್ಲಿಯೂ, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿಜ್ಞಾನವು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯ ರೂಪವನ್ನೇ ಎತ್ತಿ ಹಿಡಿಯಿತು.

ವಸ್ತುವಿಗೆ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯ ಪ್ರತೀಕವಾದ ಪರಮಾಣು ತತ್ವವೂ, ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯ ಲಕ್ಷಣದ ಅಲೆಗಳ ತತ್ವವೂ ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದ ವೇಳೆಗೆ ರೂಪುಗೊಂಡಿದ್ದ ಪ್ರಧಾನ ತತ್ವಗಳಾಗಿದ್ದವು. ಆಗಿನ ಕಾಲಕ್ಕೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮನೋಭಾವವು ಒಂದು ಸಂತೃಪ್ತ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿತ್ತೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಆದರೆ, ಈ ಶಾಂತಿಯುತ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಕ್ಷೋಭೆ

ಯನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿದಂತೆ, ಹಲವಾರು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ ನವೀನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನೇ ಎಬ್ಬಿಸಿದುವು. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ಆಧುನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಯುಗಗಳ ಉದಯವಾಯಿತು. ಇದರ ರೂಪರೇಖೆಗಳನ್ನು ಈಗ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶೆಮಾಡಬಹುದು.

10.2 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕರಣದ ಸಂಬಂಧವಾದ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳು

(a) ಈ ಶತಮಾನದ ಆದಿಭಾಗದ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡಲಾದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿವರಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರಲ್ಲಿಯೇ ತೊಡಗಿದ್ದರು. J. J. ಥಾಂಸನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮಾಡಿದ ವ್ಯಾಪಕವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣವು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಕಣವೆಂದು ಆದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಂದ ಮಾರ್ಗ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದೆಂದೂ ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಈ ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ (e) ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ (m) ಗಳು ಖಚಿತವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು. ಇದನ್ನು ಮೇಲೆಯೇ ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ನಿಜವಾದ ಅರ್ಥವು ಕಲ್ಪನೆಯಾಯಿತು. ಈ ಮುಕ್ತ (free) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನವೇ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವೆನಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಅಪಾರವಾದ ವೇಗಗಳಿಂದ ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತವೆ.

m ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು v ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವುದರಿಂದ ಅದರ ಚಲನಶಕ್ತಿಯು $\frac{1}{2}mv^2$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ಕಣಕ್ಕೆ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು e ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಇದು V ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರದ ನಡುವೆ ಚಲಿಸುವಾಗ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇದರ ಶಕ್ತಿಪ್ರಮಾಣವು Ve ಆಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ ಒಂದು ಮುಖ್ಯಸೂತ್ರವು ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. $Ve = 1/2\, mv^2$ 10.2

$$e = 4.8 \times 10^{-10} \text{ e.s.u.}$$

$$V = 1 \text{ ವೋಲ್ಟ್} = \frac{1}{300} \text{ e.s.u. (PD)} \qquad 10.3$$

ಆದರೆ 1 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ = 1 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು 1 ವೋಲ್ಟ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರದ ನಡುವೆ ಚಲಿಸುವಾಗ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವು

$$= 4.3 \times 10^{-10} \times \frac{1}{300} = 1.6 \times 10^{-12} \text{ ಎರ್ಗ್}$$

ಅಥವಾ ಇದನ್ನು 1.6×10^{-19} ಜೂಲ್ ಎಂದು ಇಡಬಹುದು= 1 e.v.
1mev $= 10^6$ e v= 1.6×10^{-13} ಜೂಲ್.

ಪರಮಾಣುವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನೇ ಶಕ್ತಿಯ ಮಾನವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಈಗ ಈ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಚಲಿಸುವಾಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ವೇಗವು v ಆದರೆ

$$1 \text{ e.v} = 1/2\, mv^2$$

m= 1 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ $= 9 \times 10^{-31}$ Kg. (ಕಿ.ಗ್ರಾಂ) (M.K.S)

v= ಮೀಟರ್/ಸೆಕೆಂಡ್ ಆದರೆ

$$1.6 \times ^{-19} = \tfrac{1}{2} \times 9 \times 10^{-31} \times v^2 \text{ (M.K.S. ಮಾನ)}$$

$$v^2 = \frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{-31}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{-31}}} = 0.6 \times 10^6 \text{ ಮೀಟರ್/ಸೆಕೆಂಡ್.}$$

ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ವಿದ್ಯುತ್–ವಹನ, ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಶಕ್ತಿಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧ, ವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ದ್ರಾವಣಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್-ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿಗಳ ನಡುವಣ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧ ಮುಂತಾದ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೂ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಉತ್ತರಗಳು ದೊರೆದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕರಣದ ಅತಿಪ್ರಧಾನವಾದ ಪ್ರಭಾವ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

(b) ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ (Quantum theory)

ಸಂಪೂರ್ಣ ಕಪ್ಪುಮಸಿ ಹಚ್ಚಿದ ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಬಹಳ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಏರಿಸಿದರೆ, ಆದರಿಂದ ವಿಕಿರಣವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯು ವಿವಿಧ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ನಡುವೆ

ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಜೀನ್ಸ್ ಮತ್ತು ವೀನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದರು. ಈ ಸೂತ್ರದ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿದ್ಯುತ್–ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ವಿಕಿರಣವು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಂಬಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ, ಈ ಸೂತ್ರಗಳು ಭಾಗಶಃ ಮಾತ್ರ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವಂತೆ ಇದ್ದವು. ಆದ್ದರಿಂದ ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಇದೊಂದು ದೊಡ್ಡ ಸಮಸ್ಯೆಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು.

ಆದರೆ, 1900ರಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಂಕ್ (Planck) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸಲು ಒಂದು ನವೀನ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನೇ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಇದೇ ಈಗ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾಗಿರುವ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯ ತತ್ವವನ್ನು ಧೈರ್ಯವಾಗಿ ಬಿಡಬೇಕಾಗಿ ಬಂದಿತು. ವಿಕಿರಣ ಶಕ್ತಿಯ ಬದಲಾವಣೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿಯೂ, ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿಯೂ, (discontinuously and discretely) ಒಂದು ಕ್ವಾಂಟಂ ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಲಾದ ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಮಾಣದ ಪೂರ್ಣಾಂಕಗಳ ಗುಣಕಗಳ (integral multiplies) ರೂಪದಲ್ಲಿಯೇ ಉಂಟಾಗಬೇಕು. $\epsilon = h\nu$ ಒಂದು ಕ್ವಾಂಟಂ ಆದರೆ, ಶಕ್ತಿಪ್ರಮಾಣಗಳು $h\nu$, $2h\nu$, $3h\nu_2 \ldots nh\nu$ ಮಾತ್ರ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯ. ಇಲ್ಲಿ h = ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ $6{\cdot}56 \times 10^{-27}$ ಎರ್ಗ್ x ಸೆಕೆಂಡ್. ν = ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ವಿಕಿರಣದ ಒಂದೊಂದು ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗೂ ಆದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಪ್ರಮಾಣದ ಕ್ವಾಟಂ ಇದ್ದು ಅದು ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಏಕಮಾನ – ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು (e) ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಏಕಮಾನವಾಗಿದೆಯೋ, ಅದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣಶಕ್ತಿಯ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಏಕಮಾನಕ್ಕೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಪ್ಲಾಂಕ್ ಉಷ್ಣ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಹೊಸ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇವರ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೇನೆಂದರೆ, ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಎಲ್ಲ ಅವಧಿಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿತು.

ದ್ರವ್ಯ, ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿವಿಕಿರಣ – ಈ ಮೂರು ಪ್ರಧಾನ ಪ್ರಮಾಣಗಳಿಗೂ ವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯು (discontinuity) ಮೂಲಲಕ್ಷಣವೆಂಬುದು ಸಿದ್ಧವಾಯಿತು. ಇವುಗಳಿಗೆ ಕಣಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನೇ ಕಲ್ಪಿಸುವುದು ಅನಿವಾರ್ಯ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಂದಿತು.

(C) ದ್ಯುತಿ-ವಿದ್ಯುತ್-ಕ್ರಿಯೆ (Photo–electric effect)

ಕೆಲವು ಲೋಹಗಳ ಅಂದರೆ, ಪೊಟಾಸಿಯಂ, ಸೀಸಿಯಂ, ಮುಂತಾದುವು,

ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಮೇಲೆ ಊದಾತೀತ (ultra-violet) ಮತ್ತು ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಆ ಮೇಲ್ಮೈಗಳಿಂದ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ವೇಗದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. 1887ರಲ್ಲಿ ಈ ರೀತಿಯ ಮೊದಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಹರ್ಟ್ಜ್ (Hertz) ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದನು. ಅನಂತರ, ಎಲ್ಸ್ಟರ್, ಗೈಟಲ್, ಲೆನಾರ್ಡ್ ಮುಂತಾದ ಹಲವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರೆಸಿ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಮೊದಲಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬೆಣಚು ಬಲ್ಬ (bulb) ನಲ್ಲಿ ನಿರ್ವಾತಗೊಳಿಸಿ, ಎರಡು ಸತುವು (Zinc) ಫಲಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ, ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಹೊರ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದರು. ಕೋಶದ ಋಣ (–) ಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಬಂಧಿಸಿರುವ ಫಲಕದಮೇಲೆ ಊದಾತೀತ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದಾಗ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಂಡಲದಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಾಪಕದ ಸೂಚಿಯು ಅಪಸಾರವಾಗಿ ಅದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿದುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು. ಇದರಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಉತ್ಪನ್ನವಾದುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ದ್ಯುತಿ–ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಯೆಂದು ಕರೆಯಲಾಯಿತು. ಈ ವಿಧವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡುಬಂದ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು ಹೀಗಿದ್ದುವು.

(i) ದ್ಯುತಿ–ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವು ಆಪಾತಕಿರಣಗಳ ತೀವ್ರತೆ (intensity) ಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ.

(ii) ಲೋಹದ ಮೇಲ್ಮೈನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ದ್ಯುತಿ–ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವೇಗ ಮತ್ತು ಚಲನ ಶಕ್ತಿಗೂ, ಆಪಾತ ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆ (intensity) ಗೂ ಯಾವ ಸಂಬಂಧವೂ ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಅವುಗಳು ಆಪಾತ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ಕಂಪನಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

(iii) ಆಪಾತ ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಒಂದು ಅಧೋಮಿತಿಗಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿದ್ದರೆ ದ್ಯುತಿ–ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೊರಬೀಳುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಮಿತಿಯು ಆಯಾ ಲೋಹದ ರಚನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ದ್ಯುತಿ–ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ರಿಯೆಯು ಯಾವ ಕಾಲವಿಳಂಬವೂ ಇಲ್ಲದೆ ನಡೆಯುತ್ತದೆ.

ಈ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ತಾತ್ತ್ವಿಕ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅಸಮರ್ಥವಾಯಿತು. ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವು ಅಲೆಯ

ರೂಪದಲ್ಲಿ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ನಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಈ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನೂ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆಮಾತ್ರ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಅವನ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ಫಲಕದ (ಲೋಹದ) ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಬೆಳಕು ಶಕ್ತಿ ಕಣ (photon) ಗಳ ಸಮೂಹದಂತೆ ಮಾತ್ರ ವರ್ತಿಸಬೇಕು. ಆಗ ಈ ಕಣಗಳು ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದಾಗ, ಕಣದ ಶಕ್ತಿಯು ಲೋಹದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಯೊಡನೆ ವಿನಿಮಯ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಲೋಹದ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ತರಲು ಸ್ವಲ್ಪ ಶಕ್ತಿ ವ್ಯಯವಾಗುತ್ತದೆ. ದ್ಯುತಿ ಕಣದ ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವು ಹೀಗೆ ವ್ಯಯವಾಗಿ ಉಳಿದ ಭಾಗವು ಆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಚಲನಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿ, ಆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಈ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಇದೇ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ತತ್ವದ ತಿರುಳು. ಅದನ್ನೇ ಒಂದು ಸಮೀಕರಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದನು.

ಆಪಾತ ಬೆಳಕಿನ ಫೋಟಾನ್ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿ $= h\nu$. ($h=$ ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ, $\nu=$ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ (ಇದು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿದೆ)

ಫೋಟಾನ್ ಘರ್ಷಣೆ ಹೊಂದುವ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ತರಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಕ್ತಿ $= \omega =$ ಕ್ರಿಯಾ ಅವಲಂಬಿ = (work-function) $= h\nu_0$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಘರ್ಷಣೆಯನಂತರ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣವು ಹೊರಬೀಳುವ ವೇಗ $= v$. ಚಲನ ಶಕ್ತಿ $= 1/2 m\nu^2$.

ಆದ್ದರಿಂದ ಶಕ್ತಿನಿಯತತ್ವ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ

$$h\nu = w + \tfrac{1}{2} m\nu^2 = h\nu + \tfrac{1}{2} m\nu^2 \qquad 10.5$$

$$E = \tfrac{1}{2} m\nu^2 = h(\nu - \nu_0) \qquad 10.6$$

ಇದೇ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಹೆಸರಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾಗಿರುವ ದ್ಯುತಿ–ವಿದ್ಯುತ್ ಸಮೀಕರಣ

ಇದರ ಪ್ರಕಾರ $\nu <_0 \nu$ ಆದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣ ಹೊರಬೀಳುವಂತಿಲ್ಲ. $\nu_0 =$ ಹೊಸಲು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ (thresh-hold frequency) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣದ ಹೊರಬೀಳುವ ವೇಗವು ν ಒಡನೆ ಮಾತ್ರ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆ (intensity) ಯು ಹೆಚ್ಚಾದರೆ, ಹೊರಬೀಳುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಂಖ್ಯೆಯು

ಮಾತ್ರ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆಯೇ ಹೊರತು, ವೇಗದ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವು ಇರುವುದಿಲ್ಲ. $E-\nu$ ಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧ ರೇಖೆಯು ಸರಳರೇಖೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಿದಂತಾಯಿತು ಮತ್ತು ಇವರಲ್ಲಿ ಯಾವ ಕಾಲವಿಳಂಬಕ್ಕೂ ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲ, ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಈ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳಿಂದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಮತ್ತೊಂದು ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರಕುವುದಲ್ಲದೆ, ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಣ (ಫೋಟಾನ್) ದ ರೂಪದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯೂ ಸಿದ್ಧವಾಯಿತು. ಇವುಗಳಿಂದ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಕ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಎಲ್ಲ ಸಂಭವ ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಧಕ್ಕೆ ಉಂಟಾಯಿತು.

ಇದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕರವಾದ ಸಿದ್ಧಾಂತವೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ನಿಂದಲೇ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಇದೇ ಆತನ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಸಿದ್ಧಾಂತ (Special theory of Relativity) ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯ-ಶಕ್ತಿಗಳ ಸಮತ್ವ ತತ್ವ (Mass-energy equivalent principle)

(d) ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಮತ್ತು ಸಮತ್ವ ನಿಯಮ

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಸಿದ್ಧಾಂತ (Gravitation) ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದುದು. ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಹಲವಾರು ಶಾಖೆಗಳಲ್ಲಿ ಅನ್ವಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಯಾವ ವಸ್ತು (ಅಥವಾ ಕಣವೂ) ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ ($c = 3 \times 10^8$ ಮೀಟರ್/ಸೆಕೆಂಡ್) ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ವೇಗವನ್ನು ಹೊಂದಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು m ಆಗಿಯೂ, ವೇಗವು ν ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ, ν ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ m ಕೂಡ ಹೆಚ್ಚಬೇಕು. ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವಾಗ ($\nu = 0$) m_0 ದ್ರವ್ಯಾಂಶವಾದರೆ,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{\nu^2}{c^2}}} \qquad 10.7$$

ಇದರ ಪ್ರಕಾರ $\nu = 0$ ಆದರೆ, $m = m_0$; $\nu - c$ ಆದರೆ $m = \infty$! ಆಗಬೇಕು, ಇದು ಅಸಾಧ್ಯ-ಸಾಮಾನ್ಯವೇಗಗಳಲ್ಲಿ m ಅಷ್ಟಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ ಆದರೆ, c ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸಿದಂತೆ, ಅದು ಬಹಳ ಬೇಗ ವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದುತ್ತದೆ.

$\nu = 2.1 \times 10^8$ ಮೀ/ಸೆಕೆಂಡ್ $\qquad \frac{m}{m_0} = 1{\cdot}4$

$v = 2.7 \times 10^8$,, ಮೀ/ಸೆಕೆಂಡ್ $\frac{m}{m_0} = 2.3$

$v = 2.9 \times 10^8$,, $\frac{m}{m_0} = 5$

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಬಹಳ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಮಾಡುವಾಗ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲೇಬೇಕು. ಇದೂ ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕವಾದ ಸನ್ನಿವೇಶವಾಗಿದ್ದು, ನ್ಯೂಟನ್ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕವಾದ ಸಮೀಕರಣವೂ ಐನ್ ಸ್ಟೈನ್‌ನಿಂದಲೇ ಪ್ರಕಟಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಇದು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.

$$E = Mc^2 \qquad 10.8$$

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು M ಆದರೆ, ಆದರ ಸಮಾನ ಶಕ್ತಿಯ ಮೌಲ್ಯ ವು E ಆಗಿದ್ದು ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ ಅದರಲ್ಲಿ C (ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ)ಪಾತ್ರ ವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತದೆ.

M = 1 ಕೆ.ಜಿ.

C = 3×10^3 ಮೀಟರ್/ಸೆಕೆಂಡ್ ಆದರೆ,

ಈ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಾಶಮಾಡಿಸಿದರೆ, (annihilation) ನಮಗೆ ದೊರಕುವ ಸಮಾನ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವು ($1 \times 9 \times 10^{16}$) ಜೂಲ್‌ಗಳಾಗ ಬೇಕು ಇದು ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣವೆಂದು ಹೇಳಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ.

ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ 1905 ರಲ್ಲಿಯೇ ಪ್ರಕಟಪಡಿಸಿದರೂ, ಅದರ ನಿಜವಾದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಮರ್ಥನೆಗೆ 1945ರವರೆವಿಗೂ ಕಾಯಬೇಕಾಗಿತು ಪರಮಾಣುವಿದಲನ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಅಗಾಧಶಕ್ತಿಯು ಪರಮಾಣುವಿನ ಸ್ವಲ್ಪಭಾಗದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದುವುದರಿಂದಲೇ ಎಂಬುದು ಸಮರ್ಥನೆಯಾಯಿತು. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರೆಯಿತು. ಹೀಗಾಗಿ, ವಸ್ತು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಇವೆರಡನ್ನೂ ಪರಸ್ಪರ ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಹಾಗೆ ಮಾಡುವಾಗ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಮೀ ಕರಣವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು.

ವಸ್ತು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಗಳ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಮಾನತ್ವವಿದೆ. ಎರಡರಲ್ಲಿಯೂ ವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯ ಲಕ್ಷಣಗಳೇ ಇದ್ದು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ

ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ದೃಢವಾಗಿ ನಂಬಲಾಗಿದ್ದ ಮೂಲ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಕೈಬಿಟ್ಟು ಹೊಸ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಬೇಕಾದುದು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಯಿತು.

10.3 ಪರಮಾಣು ರಚನೆ ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣದ ಪಾತ್ರ

1910 ವರ್ಷದ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ತನ್ನ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಬೀರಿತ್ತು. ಹಾಗೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಸಾಧಿಸಿದ್ದನು. ಇದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿಯೇ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಕನಿಷ್ಠ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಸ್ಥಾನವಿದ್ದುದು ಹೋಗಿ, ಅದಕ್ಕಿಂತ ಸುಮಾರು 1/1835 ಭಾಗದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವೇ ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಕಣವಾಯಿತು. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, 1896 ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ಬೆಕ್ಕರಲ್ (Becquerel) ಮಾಡಿದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಯುರೇನಿಯಂ, ಥೋರಿಯಂ, ರೇಡಿಯಂ ಮುಂತಾದ ಕೆಲವು ಅತಿಭಾರವಾದ ಪರಮಾಣು ತೂಕದ ವಸ್ತುಗಳು ಸ್ವಯಂಪ್ರೇರಿತವಾಗಿ α, β ಮತ್ತು γ–ಕಿರಣಗಳೆಂಬುವುಗಳನ್ನು ನಿಕ್ಷೇಪ ಮಾಡುವುದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಇವಕ್ಕೆ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲತ್ವ (Natural Radio-activity) ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಲಾಯಿತು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ α ಕಿರಣಗಳ ರಚನೆಯು ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, β-ಕಿರಣಗಳಾದರೋ ಅತಿ ವೇಗವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನೇ ಹೊಂದಿರುವುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು. γ-ಕಿರಣಗಳು ಅತಿಶಕ್ತಿಯುತ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ವಿಕಿರಣದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, X–ಕಿರಣಗಳಿಗಿಂತ ಅತಿತೀಕ್ಷ್ಣವಾಗಿರುವುದಾಗಿಯೂ ತಿಳಿಯಬಂದಿತು ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಬೇಕೆಂದು ಊಹಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವಾಗಿ ರುಥರ್‌ಫರ್ಡ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯ ಮುಖ್ಯ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ತತ್ವವನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದನು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಪರಮಾಣುವು ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಆಗಿರಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಅದರಲ್ಲಿ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ಕಣವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೆ ಒಂದು ಸ್ಥಾನವು ಇರಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಎರಡು ಅಂಗಗಳು ಇರಬೇಕು. ಒಂದು ಅದರ ಬೀಜ (nucleus) ವಾಗಿದ್ದು ಇದೇ ಪರಮಾಣುತೂಕದ ಸುಮಾರು ಎಲ್ಲ ಭಾಗವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, ಅದು ಧನವಿದ್ಯುತ್ (positive charge) ಅಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು. ಈ ಬೀಜದ ಗಾತ್ರವು ಸುಮಾರು 10^{-12} ಸೆಂ. ಮೀ. ಆಗಿರಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿ (ಇದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಸುಮಾರು 10^{-8} ಸೆಂ. ಮೀ. ದೂರದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಇರಬೇಕು.

ಇಂಥ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ Z ಆಗಿದ್ದರೆ, ಇವುಗಳ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್‌ಅಂಶವು $-Ze$ ಆಗಿರಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಸರಿದೂಗಿಸಲು ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು $+Ze$ ಆಗಿರಬೇಕು. Z = ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ (Atomic number) ಆಗಿ, ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನವಿದೆ.

ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯು ಸ್ಥಿರ ಮತ್ತು ಸುಭದ್ರ (stability) ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇರಬೇಕು ಎಂಬ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ರುಥರ್‌ಫರ್ಡ್ ಮಾಡಿದ ಕಲ್ಪನೆಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜಕ್ಕೂ ಹೊರಗಿನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗೂ ನಡುವೆ ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶವಾಗಿದ್ದು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಭೂಮಿ ಅಥವಾ ಇತರ ಗ್ರಹಗಳು ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತಲೂ ತಮ್ಮ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವುದನ್ನು ಇದಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ, ಈ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿದ್ಯುತ್–ಕಾಂತೀಯ ತತ್ವವು ತೊಡಕಾದ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ತಂದೊಡ್ಡಿತು. ಆದರ ಪ್ರಕಾರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ವರ್ತುಲ ಪಥದಲ್ಲಿ ವೇಗವಾಗಿ ಸುತ್ತುವಾಗ ಅದಕ್ಕೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವು (acceleration) ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣದಿಂದ ಸತತವಾಗಿ ಶಕ್ತಿಯ ನಾಶವು ಆಗುತ್ತಿರಬೇಕು. ಇದೇ ರೀತಿ ಮುಂದುವರೆದರೆ, ವರ್ತುಲ ಪಥದ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿ ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಬೀಜದೊಂದಿಗೆ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗಾದರೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಸುಭದ್ರತೆಗೆ ಧಕ್ಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸುಭದ್ರ ರಚನೆಯು ಇದ್ದೇ ಇರಬೇಕು. ಹೀಗಾಗಿ ಒಂದು ಬಿಕ್ಕಟ್ಟು ಸಂಭವಿಸಿತು.

ನೀಲ್ಸ್ ಭೋರ್ (Neels Bohr) ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಹೊಸ ಕಲ್ಪನೆಗಳು.

ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಭೋರ್ ಎಂಬ ಡಚ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು 1913 ರಲ್ಲಿ ಬಿಕ್ಕಟ್ಟನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಲು ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕವಾದ ಹೊಸಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದನು. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಕ ತತ್ವವನ್ನೇ ನೇರವಾಗಿ ವಿರೋಧಿಸುವಂತೆ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಸಂಬಂಧಿಸುವಂತೆ ಒಂದು ರಚನೆಯ ಚಿತ್ರವನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಇದರ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು ಹೀಗಿವೆ,

(i) ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಬೀಜವಾದ ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನ್ ಇದೆ. ಇದರ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವು $+e$. ಇದರ ಸುತ್ತಲೂ, ಅಂದರೆ ಸುಮಾರು 10^{-8}ಸೆಂ. ಮೀ. ದೂರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತು

ತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ನಿಬಂಧನೆ ಇದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಕೆಲವೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸುತ್ತಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಈ ಪಥಗಳನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಥ ಗಳೆಂದು (Stationary orbits) ಗಣಿಸಬಹುದು. ಅಂದರೆ. ಈ ನಿಬಂಧನೆಗೆ ಒಳ ಪಟ್ಟ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸುತ್ತುವಾಗ, ಶಕ್ತಿಯು ನಾಶವಾಗುವಂತಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ, ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಕ ತತ್ವಕ್ಕೆ ನೇರವಾಗಿ ವಿರೋಧ ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಕೈಬಿಟ್ಟು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಭ್ರಮಣಮಾಡಲು ಅವ ಕಾಶಿಸಿರುವ ಪಥಗಳಿಗೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಪಥಗಳೆಂದು ಹೆಸರಾಯಿತು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ತತ್ವಕ್ಕೆ ಎರಡನೆಯ ಸೋಲಿನ ಅನುಭವವಾಯಿತು. ಆಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ಉಷ್ಣ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿಯೂ, ಅದಕ್ಕೆ ಸೋಲು ಉಂಟಾಗಿದ್ದಿತು.

(ii) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗಿ, ಅತಿಕನಿಷ್ಠ ತ್ರಿಜ್ಯದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತ ಇರುತ್ತದೆ. ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಈ ತ್ರಿಜ್ಯವು $a_1 = 0.5 \times 10^{-8}$ ಸೆಂ. ಮೀ, ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇತರ ನಿರ್ದಿಷ್ಠ ಪಥಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು 4a, 9a, 15a, 25a, ... ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಂದು ಪಥದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವಾಗಲೂ ಶಕ್ತಿಯುಮಟ್ಟವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು E_1, E_2, E_3, ... ಗಳೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಪರಮಾಣುವು ಉದ್ರೇಕ ಸ್ಥಿತಿ (excited state) ಯಲ್ಲಿ ಇರುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಹೊರಗಿನ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸುತ್ತುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಆ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಹೊರಪಥದಲ್ಲಿದ್ದು, ಅಗ E_2 ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣ ವಾಗಿದ್ದರೆ ಅದು ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟದ E_1 ಪಥಕ್ಕೆ ಬೀಳುವಾಗ (ಅಂದರೆಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುವಾಗ) (E_2-E_1) ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯು ವಿಕಿರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ v ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಒಂದು ವರ್ಣಪಟಿಲ ರೇಖೆಯು (Spectra line) ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದೂ ಕೂಡ, ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮವನ್ನೇ ಅನುಸರಿ ಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ $E_2-E_2 = hv$

$$v = \frac{E_2 - E_1}{h} = \frac{C}{\lambda}.$$

$$\therefore \quad \lambda = E, \quad \frac{hC}{E_2 - E_1} \qquad 10.9$$

(ಇಲ್ಲಿ λ = ರೇಖೆಯ ತರಂಗಾಂತರ: h = ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ; c = ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ) ಇದೊಂದು ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಾಧನೆ. ಹಿಂದಿನ ಶತಮಾನ ದಲ್ಲಿಯೇ, ಬಾಮರ್ (Balmer) ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಜಲಜನಕದ ಪ್ರಮುಖ

ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳನ್ನು Hα, Hβ, Hγ ಎಂದು ಗುರುತಿಸಲಾಗಿ ಅವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ, ಇವುಗಳಿಗೆ ಯಾವ ತಾತ್ವಿಕ ಆಧಾರವೂ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಈಗ, ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಧ್ಯೇಯದಿಂದ ಮಾಡಿದ ಕಲ್ಪನೆಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೂ ವರ್ಣಪಟಲ ಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೂ (Spectros copy) ಒಂದು ಹೊಸ ಸಂಬಂಧವು ಕಲ್ಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಭೋರ್ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ E_1, E_2 ಗಳಿಗೆ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕೊಡುವ ಹೊಸ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಹೊರಬಿದ್ದುವು. ಇವುಗಳನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿ, ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳ ಆಧಾರದಿಂದ ಬಾಮರ್, ಪಾಷನ್, ಲೈಮಾನ್ ಮುಂತಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಹೆಸರಿನಲ್ಲಿದ್ದ, ವರ್ಣಪಟಲದ ಶ್ರೇಣಿಗಳಿಗೆ (Spectral Series) ಸಂಪೂರ್ಣವಾದ ಅರ್ಥವು ದೊರಕಿತು.

ಬಾಮರ್ ಶ್ರೇಣಿಯ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಹೊಸ ಅರ್ಥವು ಹೀಗಿದೆ : ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು 3, 4, 5 ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ (quantum number) ವರ್ತುಲ ಪಥಗಳಿಂದ 2 ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪಥಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವಾಗ ವಿಕಿರಣವಾಗುವ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, Hα, Hβ ರೇಖೆಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಸಮೀಕರಣದ ಮೂಲಕ, Hα ತರಂಗಾಂತರವು 6563A°, Hβ ತರಂಗಾಂತರವು 4861A°, Hγ = 4340A° ಇತ್ಯಾದಿ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಶಕ್ತಿಯು ಒದಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟರೂ ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಗ್ರಹಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣವು ತನ್ನ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ ($n=1$) ಮೊದಲನೆಯ ಕ್ವಾಂಟಂ ಪಥದಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಆಗ ಶಕ್ತಿಪ್ರಮಾಣವು $E_1 = -13.6$ e.v. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕೆ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಶಕ್ತಿಯು ಒದಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟರೆ, ಅದು 10.2 ev ಕಡಮೆ ಇದ್ದರೆ, ಗ್ರಹಣವು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. 10.2 e.v.ಗೆ ಸಮವಾದ ಶಕ್ತಿಯು ಒದಗಿದರೆ, ಅದು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು $(-13.6 + 10.2) = -3.4$ e.v. ಆಗುತ್ತದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು $n=2$ ಪಥಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗಲು ಬೇಕಾದ ಶಕ್ತಿ ಅದು $E_2 = -3.4$ e.v. ಇದರ ಮುಂದಿನ ಘಟ್ಟವು $E_3 = -1.5$ e.v. ಹೀಗಾಗಿ, ಶಕ್ತಿ ವಿಕಿರಣವೂ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿಯೇ, ಹಂತಹಂತಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ನಡೆಯಬೇಕು. ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ವರ್ಣಪಟಲ ಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೂ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಗೂ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಭದ್ರವಾದ ತಳಹದಿಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದನು. ಇದೇ ಆತನ ಮುಖ್ಯ ಕೊಡುಗೆಯಾಯಿತು.

ಭೋರ್ ತತ್ವಗಳು ಕ್ರಮೇಣ ಜಲಜನಕದ ಮಾದರಿಯ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೂ ವ್ಯಾಪಿಸಿತು, ಸೂಕ್ತವಾದ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ಇಡೀ ವರ್ಣಪಟಲ

ವಿಜ್ಞಾನವು ಒಂದು ಹೊಸ ರೂಪವನ್ನು ತಾಳಿತು. ವರ್ಣಪಟಲವು X ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧ ಪಟ್ಟಂತೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಅಡಕವಾಗಿರುವ K, L, M. ಎಂಬ ಕವಚಗಳಿಗೆ (Shells) ಹೊಂದಿಕೊಂಡಿರುವುದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. X- ಕಿರಣ ವರ್ಣಪಟಲಗಳಿಗೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಒಂದು ಕವಚದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಕವಚಕ್ಕೆ ಪಲ್ಲಟವಾಗಬೇಕಾದುದು ಕಾರಣವೆಂದು ಸ್ಥಿರವಾಯಿತು.

ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಅದರ ಚಲನವಲನಗಳಿಂದಲೇ ಶಕ್ತಿ ವಿಕಿರಣ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ಗ್ರಹಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟು, ವರ್ಣಪಟಲ ಶಾಸ್ತ್ರವು ಹೊಸ ರೂಪವನ್ನು ತಾಳಿತು. ಬೆಳಕು ಅಲೆಯ ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದದೆ ಒಂದು ಫೋಟಾನ್ ಕಣದಂತೆ ವರ್ತಿಸಬೇಕೆಂಬ ಕಲ್ಪನೆಯು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಯಿತು.

ಪರಮಾಣುವಿನ ಕಾಂತತ್ವ–ಮ್ಯಾಗ್ನಟಾನ್

ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಬೀಜದ ಹೊರಗಡೆ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು K, L, M... ಮುಂತಾದ ಕವಚಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಒಂದೊಂದೇ ಕವಚದಲ್ಲಿಯೂ ಇರಬಹುದಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಒಂದು ಉಚ್ಚ ಮಿತಿ ಇದೆ. K, L, M... ಕವಚಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಈ ಗರಿಷ್ಠ ಮಿತಿಯು 2, 8, 18... ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಪೂರ್ವ ಅನಿಲಗಳಾದ He, Ne Kr... ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಕವಚಗಳು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ತುಂಬಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಉಳಿದ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಹೊರಗಣ ಕವಚದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಮಿತಿಗಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿದ್ದು ಇವುಗಳನ್ನು ಸಂಯೋಜನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. Na ನಲ್ಲಿ ಒಂದು, Ba ನಲ್ಲಿ ಎರಡು, Al ನಲ್ಲಿ ಮೂರು, ಇಂಥ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅಪೂರ್ಣ ಕವಚಗಳಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳೇ ವಸ್ತುಗಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ, ಹಾಗೂ ವರ್ಣಪಟಲದ ರಚನೆಯ ಕ್ರಮವನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ.

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ಗೊತ್ತಾದ ವರ್ತಲ ಅಥವ ದೀರ್ಘವೃತ್ತ (Elliptic) ದ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತಿವೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ತಮ್ಮ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಕೂಡ ಭ್ರಮಣ ಚಲನ (Spin) ವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳಿಗೆ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶವಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಭ್ರಮಣದಿಂದ ಕಾಂತಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಬೇಕು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ

ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವ (magnetic moment) ವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೂ ಕೂಡ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮವನ್ನೇ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ.

$$\mu l = \frac{eh}{4\pi mc.} l. \qquad 10.10$$

ಇಲ್ಲಿ μl = ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವ : l = ಪಥಕ್ಕೆ (Orbit) ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆ ಉಳಿದವುಗಳು h,m,c ಗೊತ್ತಾದ ನಿಯತಾಂಕಗಳು.

$l = 0$ ಆದರೆ, $\mu_l = 0$; $l = 1$ ಆದರೆ, $\mu_l = \frac{eh}{4\pi\ mc}$ 10.11

$l = 2, 3 \ldots$ ಆದರೆ, ಮೌಲ್ಯವು 2,3, ಅಷ್ಟು ಆಗುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ, $\frac{eh}{4\pi\ mc} = 9.21 \times 10^{-21}$ ಎರ್ಗ್ ಆಯಿರ್ ಸ್ಟೆಡ್.

= 1 ಭೋರ್ ಮ್ಯಾಗ್ನಟಾನ್ 4.12

ಅಂದರೆ, ಇದು ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಏಕಮಾನ, ಉಳಿದ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವಗಳೆಲ್ಲವೂ ಇದರ ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಗುಣಾಂಕಗಳಾಗಿರಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ಕಾಂತೀಯ ಮಹತ್ವವು ವಿಚ್ಛಿನ್ನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಬೇಕು ಎಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೂ ಒಂದು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮತ್ತೊಂದು ಸಾಧನೆ. ಈ 'ಭೋರ್ ಮ್ಯಾಗ್ನಟಾನ್' ಮಿತಿಯು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅಕ್ಷಭ್ರಮಣದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ ಕೂಡ, ಪರಮಾಣುವನ್ನೇ ಒಂದು ಅಣುಕಾಂತದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ಇದರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇದ್ದು, ಅವುಗಳು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಭಿನ್ನಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿಯಾದರೂ ಕಾಂತೀಯತ್ವವು ಇದ್ದೇ ಇರಬೇಕು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಕಾಂತೀಯತೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೂ ಒಂದು ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರೆತಂತಾಯಿತು.

ಉಷ್ಣವಿಕಿರಣ, ದ್ರವ್ಯರಚನೆ, ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪ, ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕಾಂತಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳಿಗೆಲ್ಲ ವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಅಭೇದ ಪ್ರಮಾಣದ ಪರಮಾಣುತ್ವ ರೂಪದ ಕಣಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಅಲೆಗಳು

ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಅಲೆಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬ ತತ್ವಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದಿಂದ ಬಲವಾದ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಬಂದಿತು. ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣ (Interference), ವಿವರ್ತನೆ (Diffraction) ಮತ್ತು ಧ್ರುವೀಕರಣ (Polarization) ಮುಂತಾದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಅಲೆಗಳ ಕಲ್ಪನೆಯು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಯಿತು. ಆದರೆ, ವಸ್ತುಗಳ ವರ್ಣಪಟಲದ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ತತ್ವಕ್ಕೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವೂ ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದು ಬೆಳಕನ್ನು ಫೋಟಾನ್ ಎಂಬ ದ್ಯುತಿಕಣವೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗಿ ಬಂದಿತು. ಇದೇ ರೀತಿಯ ಕಣದ ಕಲ್ಪನೆಯಿಂದಲೇ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್-ಕ್ರಿಯೆಗೆ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟನು. ಹೀಗಾಗಿ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವು ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳಂತೆಯೂ, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಫೋಟಾನ್ ಕಣದಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸಿ, ಒಂದು ದ್ವಿಮುಖ (dual) ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ತೋರಿಬಂದಿತು. ಆದರೆ, ಈ ಎರಡು ಮುಖಗಳ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಐಕ್ಯತೆಯು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಇರಬೇಕು ಎಂಬುದನ್ನು ಊಹಿಸಬಹುದು.

ಈಗ ವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಕಣಗಳೂ ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳೂ ಕೂಡ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಒಂದು ಕಣದ ರೂಪವೇ ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮವಾಗಿರಬಹುದೆಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಫ್ರೆಂಚ್-ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾದ ಡಿ-ಬ್ರೋಲಿ (De-Broglie)ಯು 1924ರಲ್ಲಿ ಅತಿ ಧೈರ್ಯದಿಂದ ಬಹಳ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ತತ್ವವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಪ್ರಕೃತಿಯು ವಸ್ತು ಮತ್ತು ವಿಕಿರಣ ಶಕ್ತಿಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಸಾಮರಸ್ಯವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಯೇ ಇದ್ದು ಅವುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಭಿನ್ನತೆಗಳನ್ನು ಇಟ್ಟಿರಲಿಕ್ಕಿಲ್ಲ ಎಂಬ ದೃಢಭಾವನೆ ಇದ್ದಿತು. ಆದ್ದರಿಂದ, ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ (Radiation) ಅಲೆ ಮತ್ತು ಕಣಗಳೆಂಬ ಎರಡು ಮುಖಗಳು ಇದ್ದರೆ, ವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಈ ಎರಡು ರೂಪಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶವಿದ್ದೇ ಇರಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ವ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಸಿಧ್ಧಾಂತ ಮತ್ತು ವಸ್ತು-ಶಕ್ತಿಗಳ ಸಮತ್ವದ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ವಸ್ತು-ಅಲೆ (Matter–Wave) ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ತನ್ನ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ರೂಪಿಸಿದನು. ಇದರ ನಿರೂಪಣೆಯು ಹೀಗಿದೆ

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p} = \frac{\text{ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ}}{\text{ವಸ್ತುವಿನ ಆವೇಗ (momenturm)}} \qquad 10.12$$

ಭೌತಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಇದರ ವಿವರಣೆಯು ಹೀಗಿದೆ : m ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನಕಣವು v ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಅದರೊಂದಿಗೆ ಸಂಯೋಗ (associated)ವಾಗುವ ಅಲೆಯ ತರಂಗಾಂತರ ಪ್ರಮಾಣವು ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕಕ್ಕೂ–ಕಣದ ಆವೇಗಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅನುಪಾತ (Ratio)ಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ವಸ್ತುಕಣವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್, ಪ್ರೋಟಾನ್, ಪರಮಾಣು ಇತ್ಯಾದಿಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇರ ಬಹುದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನೇ ತೆಗದುಕೊಂಡರೆ,

m = ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ

ಇದು ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದು, ಉತ್ಸರ್ಜನ ನಾಳಿಕೆ (discharge tube) ಯಲ್ಲಿ ಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ V = ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (ವೋಲ್ಟ್) ಗಳಾಗಿದ್ದರೆ, ಕಿರಣಗಳ ವೇಗವು v ಆದರೆ, e = e ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ,

$\frac{1}{2}mv^2 = ev/300$ (e – e.s.u. ಮಾನದಲ್ಲಿ).

$$m^2v^2 = 2\ \frac{meV}{300}$$

$$m\,v = \sqrt{\frac{meV}{150}}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = h\sqrt{\frac{150}{meV}} \qquad 10.13$$

h, m, eಗಳಿಗೆ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ,

$$\lambda = \sqrt{\frac{150}{V}}\cdot 10^{-8} \text{ ಸೆಂ. ಮೀ.} = \sqrt{\frac{150}{V}}.\ A^{\circ}$$

$$\left(1\ A^{0} = 10^{-8} \text{ ಸೆಂ. ಮೀ.}\right) \qquad 10.14$$

V = 15,000 ವೋಲ್ಟ್ ಆದರೆ, $\lambda = 0.1\ A^{0}$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಈ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಯೋಗವಾಗಿರುವ ಅಲೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರವು $0{\cdot}1A^{\circ}$ ಆಗಿದ್ದು, ಇದು X-ಕಿರಣಗಳ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ.

ಈಗ, ಈ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಸಮರ್ಥನೆ ಇದೆಯೇ ಎಂದರೆ, 1927ರಲ್ಲಿ ಡೇವಿಸನ್–ಗರ್ಮರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ

ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಬಂದಿತು. ಹಾಗೆಯೇ 1928ರಲ್ಲಿ G. P. ಥಾಂಸನ್ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ 10,000 ಇಂದ 50,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಹೊಂದಿದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮತ್ತು ತೆಳುವಾದ ಲೋಹದ ಪರೆ (ಚಿನ್ನ, ಬೆಳ್ಳಿ ಅಥವಾ ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ) ಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಲಾಯಿತು, ಹೀಗೆ ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪರೆಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದ ನಂತರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳುವ ಸ್ಥಾನವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಪರಿಶೀಲಿಸುವಾಗ, ಈ ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದ ಮಾದರಿಗಳಿಗೂ, X-ಕಿರಣಗಳ ವಿವರ್ತನೆ (diffraction) ಯ ಚಿತ್ರಗಳಿಗೂ ಯಾವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ, ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವಂತಾಯಿತು. ವಿವರ್ತನೆಯು ಅಲೆಗಳ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಲಕ್ಷಣವಾದ್ದರಿಂದ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ನಿರ್ವಿವಾದವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದು. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳ ಮೂಲಕ ತರಂಗಾಂತರದ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಡೀ ಬ್ರೋರಿ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸಿದುವು. ಡೀ ಬ್ರೋಲಿಯು ಮಾಡಿದ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಕೇವಲ 4-5 ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಬಲವು ದೊರೆತಂತಾಯಿತು. ಮತ್ತೊಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ಫ್ರೋಸನ್-ಬರ್ಗ್-ಹೈಡಿಂಗರ್ ಮುಂತಾದ ಪ್ರಮುಖ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪರಿಶ್ರಮದಿಂದ, ವಸ್ತುವಿನ ತರಂಗರೂಪಕಲ್ಪನೆಗೆ ತಾತ್ವಿಕ ಪುಷ್ಟಿಯೂ ದೊರೆಯಿತು. ಇದರಿಂದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಅಲೆಗಳ ತತ್ವಗಳೊಂದಿಗೆ ಸರಿಹೊಂದಿಸಿ, ನವೀನ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಉದ್ಭವವಾಯಿತು. ಇದನ್ನು ತರಂಗ-ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ (Wave-Mechanics) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಯಿತು.

ಹೀಗಾಗಿ, ಕಣ ಮತ್ತು ಅಲೆಗಳು ಎಂಬ ರೂಪಗಳು ವಿರುದ್ಧವಲ್ಲ-ಇವೆರಡಕ್ಕೂ ಸಾಮರಸ್ಯವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಸೇತುವೆಯನ್ನು ಕಟ್ಟಿದಂತಾಯಿತು. ಒಂದು ಕಾಲಕ್ಕೆ ವಸ್ತು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಕಲ್ಪನೆಗಳಾಗಿ ಭಾವಿಸಿದ್ದು ಈಗ, ಈ ಎರಡೂ ಕೂಡ ಒಂದೇ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವದ, ಹಾಗೂ ಪರಸ್ಪರ ವಿನಿಮಯವಾಗಬಲ್ಲ, ಎರಡು ರೂಪಗಳು ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇದರಲ್ಲಿ ವಸ್ತು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಗಳಿಗೆ ಕಣ ಮತ್ತು ಅಲೆಗಳ ರೂಪಗಳು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದುವು ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ಇವೆರಡನ್ನೂ ಸರಿದೂಗಿಸುವ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ ವಸ್ತು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಗಳು ಪರಿವರ್ತನೀಯವಾದುವು, ಇದಕ್ಕೆ 1940 ರದ ಈಚಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆ ಬಂದಿದೆ. ಇದನ್ನು ಪರಮಾಣು ವಿದಲನ ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಸಂಯೋಜನೆ (Atomic Fission and Atomic Fusion) ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಎತ್ತಿ ತೋರಿಸಿವೆ.

10.4 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿಜ್ಞಾನ (Electronics)

ಇದುವರೆವಿಗೂ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ಸ್ಥೂಲ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಹೊಂದಿರುವ ಸರ್ವತೋಮುಖವಾದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ತಾತ್ವಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ಆ ಕಣವು ಕಣ ಮತ್ತು ಅಲೆಗಳ ರೂಪಗಳ ಸಂಗಮ ಸ್ಥಾನವಾಗಿದ್ದು ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನೇ ಕೊಟ್ಟಿದೆ. ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಅದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಎಲ್ಲ ಶಾಖೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಗತಿಗೆ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ಆದರೂ, ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮತ್ತು ತಾಂತ್ರಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಗಳು ಅತಿ ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿವೆ. ಇದರಿಂದಲೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿಜ್ಞಾನ ಎಂಬ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ವಿಶಿಷ್ಟ ಶಾಖೆಯೇ ಬೃಹತ್ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಪ್ರವರ್ಧಮಾನವಾಗುತ್ತಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಘಟನೆಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸುವುದು ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿದೆ. ಪ್ರಪಂಚವನ್ನೇ ಇಂದು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ, ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವಾರ್ತಾ ಮತ್ತು ಧ್ವನಿ ಮತ್ತು ಚಿತ್ರಗಳ ಪ್ರಸಾರ, ದೂರದರ್ಶನ (Television), ವಾಕ್-ಚಿತ್ರಗಳು, C.R.O ನಾಳಿಕೆ, ಅರೆವಾಹಕಗಳು (Semi-conductors) ಮತ್ತು ಗಣಕಗಳು (Computers) ಇವೇ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ನಿದರ್ಶನಗಳು.

I. ಬಾನುಲಿ ಪ್ರಸಾರ (Wire-less Transmission)

ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಬಲ್ಬಿನೊಳಗಿನ ಗಾಳಿಯನ್ನೆಲ್ಲ ತೆಗೆದುಬಿಟ್ಟು ನಿರ್ವಾತವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿ, ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಲೋಹದ ತಂತುವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ ಅದಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪದೂರದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಲೋಹದ ಫಲಕವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ, ತಂತುವಿನ ಮೂಲಕ ಹೊರಗಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ ಆ ತಂತು (Filament) ಕಡು ಕೆಂಪಾಗಿ (red-hot) ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವಾಗ, ಆ ತಂತುವಿನಿಂದ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಕಣಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣ ಅಯನೀಯ ವಿಸರ್ಜನೆ (Thermionic emission) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಈ ಸಂಭವದ ವಿಷಯವಾಗಿ 1882 ರಲ್ಲಿ ಎಲ್‌ಸ್ಟರ್ ಮತ್ತು ಗೈಟಲ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದರು. ಇವರ ನಂತರ ಎಡಿಸನ್ (Edison), ರಿಚರ್ಡ್‌ಸನ್ ಮುಂತಾದವರು ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ ಅನೇಕ ವಿಷಯಗಳ ಸಂಗ್ರಹವನ್ನು ಮಾಡಿದರು.

ತಂತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯಿಂದ ವಿಸರ್ಜನೆ ಹೊಂದುವ ಕಣಗಳು ಎಲೆ

ಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೇ ಎಂದು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ ಗಾಜಿನ ಬಲ್ಬ್‌ನಲ್ಲಿ ಅಳ ವಡಿಸಿರುವ ಲೋಹದ ಫಲಕವನ್ನು ಹೊರಗಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿ, ಆ ಫಲಕದ ವೋಲ್ಟೇಜನ್ನು +20, +40, +60 . . ., V ಗಳಿಗೆ ಏರಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ತಂತುವಿನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು + ವೋಲ್ಟೇಜಿನ ಫಲಕ ವನ್ನು ತಲುಪಿ, ಹೊರಗಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಉಷ್ಣ-ಆಯನೀಯ-ಪ್ರವಾಹ(Thermionic Current) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ತಂತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು T (ನಿರಪೇಕ್ಷ) ಆಗಿದ್ದು I= ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವಾದರೆ.

$$I = AT^2 \, \varepsilon^{\frac{-b}{T}} \qquad 10.15$$

ಇದು ರಿಚರ್ಡ್‌ಸನ್ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಸೂತ್ರ.

A, a, b ಗಳು ನಿಯತಾಂಕಗಳು, I – T ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ರಚಿ ಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಹೆಚ್ಚು ವಿಷಯಗಳೂ ಗೊತ್ತಾಗುವುವು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಒಂದು ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೆಂದರೆ, ಬಲ್ಬ್‌ನಲ್ಲಿರುವ ಲೋಹದ ಫಲ-ಕಕ್ಕೆ +ಗೆ ಬದಲಾಗಿ – ವೋಲ್ಟೇಜ್ ಕೊಟ್ಟರೆ, ಅದನ್ನು ಋಣವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ತಲಪುವಂತಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವು ನಿಂತುಹೋಗು ತ್ತದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಈ ದ್ವಿಧ್ರುವನಾಳಿಕೆ (Diode) ಯು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು (A.C.) ಏಕಮುಖ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ (D.C.) ಪರಿವರ್ತನ ಮಾಡುವ ಒಂದು ಸಾಧನವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದು ಕವಾಟದಂತೆ (Valve) ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಮುಂದುವರೆದು ಈ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ತಂತುವಿಗೂ +ಫಲಕ (Anode) ಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಒಂದು ಜಾಲಕ (grid) ವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶದಿಂದ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ಗಳನ್ನು – ದಿಂದ ಹಿಡಿದು + ವರೆವಿಗೂ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಆನೋಡ್ ಫಲಕವನ್ನು ತಲಪುವ ಎಲೆ ಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಣಗೊಳಿಸಿ, ಅದರ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಆಳಿಯು ಲಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋಗಬಹುದು. ಈ ನಾಳಿಕೆ ಯಲ್ಲಿ ತಂತು (F), ಜಾಲ (G) ಮತ್ತು ಆನೋಡ್ (A) ಎಂಬ ಮೂರು ಅಂಗಗಳಿ ರುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ತ್ರಿಧ್ರುವ ಕವಾಟ (Triode valve) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು ಇದೇ ಭಾನುಲಿ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ಮುಖ್ಯ ವಾದುದು.

ಕ್ರಮೇಣ ಈ ತ್ರಿಧ್ರುವನಾಳಿಕೆಯು ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದೆಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಇವುಗಳ ಉಪಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುವು ಮೂರು : (i) ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಏಕಮುಖವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು (Rectifier) (ii) ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕ (amplifier) ಮತ್ತು (iii) ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವುದು (oscillator).

ಇನ್ನು ಬಾನುಲಿ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಮೂಲತತ್ವಗಳ ಸ್ಥೂಲ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು. ವಾರ್ತೆ ಅಥವಾ ಧ್ವನಿಯನ್ನು ನಿಸ್ತಂತು (wire less) ಪ್ರಸಾರಗೊಳಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಇವುಗಳನ್ನು ಒಯ್ಯಲು ರೇಡಿಯೋ ಅಲೆಗಳನ್ನು ವಾಹಕ (Carrier-waves) ಗಳನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಇವುಗಳು ವಿವಿಧ ಸೂಕ್ತ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತವೆ. ಪ್ರಸಾರಕೇಂದ್ರ (Transmitting station) ಮತ್ತು ಗ್ರಾಹಕ ಕೇಂದ್ರಗಳಲ್ಲಿ (Receiving station) ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ವಾಹಕ ಅಲೆಗಳು ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ತಂಡದಲ್ಲಿದ್ದರೆ (Medium-wave band) ಸುಮಾರು 500-1600 ಕಿಲೋಸೈಕಲ್‌ಗಳ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿಯೂ, ಹ್ರಸ್ವ ಅಲೆಯ ತಂಡದಲ್ಲಿ ಈ ಅವಧಿಗಳು 5-25 ಮೆಗಸೈಕಲ್ ($10^6 = 1$ megacycle) ಗಳಾಗಿಯೂ ಇರಬಹುದು.

ವಾರ್ತೆ ಅಥವಾ ಧ್ವನಿಗಳನ್ನು ಪ್ರಸಾರಮಾಡುವ ಪ್ರೇಷಕ (Transmitter) ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಉಪಕರಣಗಳ ಮೂಲತತ್ವವನ್ನು ಹೀಗೆ ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಧ್ವನಿವರ್ಧಕ (Microphone)ದ ಮುಂದೆ ಮೂಡಿದ ಧ್ವನಿತರಂಗಗಳು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮಪಟಲ (diaphragam)ದ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದು ಅದರ ಅಲುಗಾಡುವಿಕೆಯಿಂದ ಇವುಗಳಿಗೆ ಅನುರೂಪವಾದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಏರಿಳಿತಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಈ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಮಿತಿಗಳು 150 ರಿಂದ 7000 ಆವರ್ತಗಳಾಗಿರಬಹುದು. ಇದನ್ನು (A.F.) ಶ್ರವಣ ಮಿತಿಗಳು ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕಂಪನಗಳನ್ನೂ ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುರೂಪವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ, ಇವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಲು, ಸೂಕ್ತಶಕ್ತಿ ವರ್ಧಕಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ತ್ರಿಧ್ರುವ ನಾಳಿಕೆಗಳು ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಸಾಧನಗಳಿಂದ (ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಯಾಂತ್ರಿಕಧ್ರುವ ನಾಳಿಕೆಗಳೇ ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳು) ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ (R.F.)ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಈಗಾಗಲೇ

ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಇವುಗಳ ಅವಧಿಗಳು ಕಿಲೋ ಮತ್ತು ಮೆಗಸೈಕಲ್‌ಗಳ ಪ್ರಮಾಣ ಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಧ್ವನಿಯಿಂದ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಂಡ ಶ್ರವಣ ಮಿತಿಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ ವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದಿದ ಅಲೆಗಳು ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ H.F. ಅಲೆಗಳ ಮೇಲೆ ಹೇರಲ್ಪಡು ತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಈ H.F. ಅಲೆಗಳು ವಾಹಕ ಅಲೆಗಳಾಗಿ ವರ್ತಿಸಿ (Carrier-waves) ಅವುಗಳ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳು ಧ್ವನಿ ಅಲೆಗಳಿಂದ ಹದಗೊಂಡು ಮಾರ್ಪಾ-ಡಾಗುತ್ತವೆ (modulated). ಇವುಗಳನ್ನು ಮತ್ತೆ ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕ (R.F.) ಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದ ನಂತರ, ಧ್ವನಿಯಿಂದ ಹೇರಲ್ಪಟ್ಟು ಮಾರ್ಪಾಡಾದ ರೇಡಿಯೊ ಅಲೆಗಳು ಅತಿ ಎತ್ತರವಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಗಿರುವ ಏರಿಯಲ್ (Aerial) ಪ್ರಸಾರತಂತಿ ಗಳ ಮೂಲಕ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ವಿಕಿರಣ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ ದಿಂದ (3×10^8 ಮೀಟರ್/ಸೆಕೆಂಡ್) ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ ಗ್ರಾಹಕ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸ ಲಾಗಿರುವ ಏರಿಯಲ್ ತಂತಿಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ಷೀಣಪ್ರವಾಹವು ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರೇಕ್ಷಕ ನಿಲಯುದಲ್ಲಿದ್ದ ಪ್ರವಾಹವನ್ನೇ ಹೋಲು ತ್ತದೆ. ಗ್ರಾಹಕ ನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಸೂಕ್ತ ಶ್ರುತಿಗೊಂಡ (tuned) ಮಂಡಲಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹಗಳು ಗ್ರಹಣವಾಗುತ್ತವೆ. ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ನಾವು ಆರಿಸಿಕೊಂಡು (select) ಅವುಗಳು ಕ್ಷೀಣವಾಗಿರುವುದರಿಂದ R.F. ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕಗಳಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಚೈತನ್ಯಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಇದಾದ ನಂತರ, A.F. ಧ್ವನಿ ಅಲೆಗಳನ್ನು R.F. ವಾಹಕ ಅಲೆಗಳಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಗೊಳಿಸ ಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಸೂಕ್ತ ಏಕಮುಖ ಪರಿವರ್ತಕ (Rectifier) ಸಾಧಕಗಳ ಮೂಲಕ ಸಾಧಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವುದು (detect) ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ A.F. ಸಂಕೇತವು ಏಕಮುಖವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನ ಹೊಂದಿದ ನಂತರ A.F. ಧ್ವನಿವರ್ಧಕಗಳ ಮೂಲಕ ಚೈತನ್ಯಗೊಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಕೊನೆಯ ಹಂತದಲ್ಲಿ ದೂರವಾಣಿ (Telephone) ಉಪಕರಣದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಮತ್ತೆ ಧ್ವನಿ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕೇಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಪರಿಳಿತಗಳು ಮತ್ತೆ ಪಟಲವನ್ನು ಕಂಪನಗೊಳಿಸಿ, ಪ್ರೇಕ್ಷಕ ನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಹೊರಬಿದ್ದ ಧ್ವನಿಯು ತದ್ರೂಪ ವಾದ ಪ್ರತಿರೂಪವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ನಿಸ್ತಂತು ವಾರ್ತಾಪ್ರಸಾರದ ಸ್ಥೂಲತತ್ವ.

ದೂರ ದರ್ಶನ (Tele-vision)

ಧ್ವನಿಗೆ ಬದಲು ದೃಶ್ಯಗಳನ್ನೋ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನೋ ನಿಸ್ತಂತು ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ ಅಳ ವಡಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಸೂಕ್ತ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು, ಇವೇ ದೂರದರ್ಶಕ (Tele-vision) ಸಾಧನಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ದೃಶ್ಯ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಸಾರ ಮಾಡಬೇಕಾ ದರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಅತಿ ಪ್ರಬಲಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಬೆಳಕಿನ ಸಂಕುಚಿತ ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಈ ಮೊದಲ ವಿಧಾನವನ್ನು ವಿಶ್ಲೇ

ಷಣ (scanning) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದರಲ್ಲಿ ದೃಶ್ಯವನ್ನು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ಭೇದಿಸಿಕೊಂಡು ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ ಅತಿ ವೇಗವಾಗಿ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ಎಡಕ್ಕೂ, ಬಲಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಮೇಲಕ್ಕೂ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಹಲವಾರು ಸಾರಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಮಾಡಲು ಒಂದು ಎಮಿಟ್ರಾನ್ ಕ್ಯಾಮರ (emitron-camera) ಅಥವಾ ಚಿತ್ರವಿಶ್ಲೇಷಕ (iconoscope) ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಪ್ರೇಕ್ಷಕ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಇದು ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣ ಆಂದೋಳಕ ಯಂತ್ರ (cathode-way oscillograph) ವನ್ನೂ ದ್ಯುತಿ-ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶವನ್ನೂ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಒಂದು ಉಪಯುಕ್ತ ಉಪಕರಣ. ಇದನ್ನು ಮೊದಲು ನಿರ್ಮಿಸಿದವನು ಜ್ವೋರಿಕಿನ್ (Zworykin) (2) ಎರಡನೇಯ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಆಘಾತಗಳನ್ನು (light impulses) ವಿದ್ಯುತ್ ಸ್ಫುರಣಗಳನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ದ್ಯುತಿ-ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದಿಂದ (photo-electric device) ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟದ್ದು.

ಇದೇ ಮುಖ್ಯ ವಿಧಾನ. ದೃಶ್ಯವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗಿ ಬಂದ ವಿವಿಧ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ಫುರಣಗಳನ್ನು ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುರೂಪವಾದ ವಿವಿಧ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ವಿದ್ಯುಸ್ಫುರಣಗಳನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿದನಂತರ ಶಕ್ತಿವರ್ಧಕಗಳಿಂದ ಶಕ್ತಿ ವೃದ್ಧಿಮಾಡಿಸಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ವಾಹಕ ಅಲೆಗಳ ಮೇಲೆ ಹೇರಿಸುವುದು. ಮುಂದಿನ ವಿಧಾನಗಳೆಲ್ಲವೂ ಏರಿಯಲ್ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವವರೆಗೂ ಧ್ವನಿಪ್ರಸಾರದ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಏರಿಯಲ್ ತಂತಿಗಳಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ದೃಶ್ಯ ಚಿತ್ರದ ವಿಭಾಗಗಳಿಗೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್‌ಸ್ಫುರಣಗಳಿಂದ ಹದಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ (modulated).

ಧ್ವನಿಪ್ರಸಾರಕ್ಕೂ, ದೃಶ್ಯ-ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೂ ಒಂದು ಮುಖ್ಯವ್ಯತ್ಯಾಸವು ವಾಹಕ ಅಲೆಗಳ ಸ್ಪಂದನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಅವಧಿಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು. ದೃಶ್ಯ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ವಾಹಕ ಅಲೆಗಳ ಸ್ಪಂದನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಸುಮಾರು 30 ಮೆಗ (megacycles) ಆವರ್ತದಿಂದ ಕೆಲವು ನೂರು ಮೆಗ ಸೈಕಲ್‌ಗಳಷ್ಟು ಇರಬಹುದು. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಸಂಯುಕ್ತ ಅಲೆ (Composite wave) ಯಲ್ಲಿ ತಂಡದ ಮಿತಿಗಳು ಸುಮಾರು 25 ಆವರ್ತಗಳಿಂದ 3 ಮೆಗ ಆವರ್ತಗಳವರೆಗೆ ಇರಬಹುದು. ಹೀಗಾಗಿ ಪ್ರೇಷಕ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಧ್ವನಿ ಮತ್ತು ದೃಶ್ಯಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಪ್ರಸಾರಮಾಡುವಾಗ, ಈ ಎರಡು ಭಾಗಗಳಿಗೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ವಾಹಕ ಅಲೆಗಳು ಇರಬೇಕಾಗುವುದು.

(3) ಗ್ರಾಹಕ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿಯೂ ಉಳಿದ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿರುವ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು

ಆಯಾ ವಿಧಾನಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಿ, ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಮುಖ್ಯ ಬದಲಾವಣೆಯೇನೆಂದರೆ: ವಿದ್ಯುತ್‌ಸ್ಫುರಣಗಳನ್ನು ಮತ್ತೆ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ಫುರಣಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ, ಗ್ರಾಹಕ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾದ ಮುಖ್ಯ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಥೋಡ್-ಕಿರಣ ಆಂದೋಳಕ ನಾಳಿಕೆ (C. R. O) ಯನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಿರಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಐಕನಸ್ಕೋಪ್ (Iconoscope) ಅಥವಾ ಚಿತ್ರಪ್ರದರ್ಶಕ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದು ಗ್ರಾಹಕ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಉಪಕರಣದಂತೆಯೇ ಇದ್ದು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ಒಂದು ಸ್ಫುರಣ ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ (Fluorescent Screen) ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡುವುದರ ಮೂಲಕ ಮೂಲ ಚಿತ್ರ ಅಥವಾ ದೃಶ್ಯದ ರೂಪವು ಕಲ್ಪಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಮೂಲ ಚಿತ್ರದ ತದ್ವತ್ ರೂಪವಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ, ಗ್ರಾಹಕ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಿರುವ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣ ಸಮೂಹವು ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಯಾವ ರೀತಿ ಮತ್ತು ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸಿ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುತ್ತದೆಯೋ ಅದೇ ರೀತಿ ಮತ್ತು ವೇಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರೇಷಕ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿಯೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದು ಎರಡಕ್ಕೂ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಾಂಗತ್ಯ ಸಾಮರಸ್ಯ (Synchronisation) ಏರ್ಪಡಬೇಕು.

ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ದೃಶ್ಯ ಮತ್ತು ಧ್ವನಿಭಾಗಗಳನ್ನು ಪ್ರಸಾರಮಾಡಿ, ಎರಡು ಹಾದಿಗಳಲ್ಲಿ (Carriers) ಹೊರಬಿದ್ದು, ಮತ್ತೆ ಗ್ರಾಹಕಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಈ ಎರಡು ಭಾಗಗಳನ್ನು ಸಮರಸಗೊಳಿಸಿ (Synochronise) ದರೆ, ಉಪಯುಕ್ತತೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಸ್ಫುರಣ ತೆರೆಯಲ್ಲಿ ನೋಡುತ್ತಿರುವಂತೆಯೇ ಅವುಗಳೊಂದಿಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಂಡಿರುವ ಧ್ವನಿಭಾಗಗಳನ್ನೂ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ, ಶ್ರವಣ ಮತ್ತು ದರ್ಶನದ (Talkie-Television) ಅನುಭವವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ರಾಡಾರ್ (RADAR)

ರೇಡಿಯೋ ಅಲೆಗಳ ಮತ್ತೊಂದು ಉಪಯೋಗವು ಈ ರಾಡಾರ್ ಸಾಧನದಿಂದ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದೆ ಇರುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವು ಅತಿದೂರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಿ ಅದರ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನ ಮತ್ತು ವೇಗದ ಮಾರ್ಗ ಮತ್ತು ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ರಾಡಾರ್ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಲಕರಣೆ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಯುದ್ಧಕಾಲದಲ್ಲಿ ಶತ್ರುವಿಮಾನಗಳು ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಅತಿ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ನಾಶಮಾಡಲು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವಂತೆ ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಯಿತು. ಶಬ್ದ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ರೇಡಿಯೋ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಒಂದು ಪ್ರತಿಧ್ವನಿಮಾಪಕ (Echo-meter) ದ ವಿಧಾನವಿದು.

ಅತಿ ಪ್ರಬಲಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಮತ್ತು ಅತಿ ಹ್ರಸ್ವಕಾಲ ಪರ್ಯಂತ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಸ್ಫುರಣಗಳನ್ನು ನಿಕ್ಷೇಪ ಮಾಡಲಾಗುವುದು. ನೂರಾರು ಕಿಲೋವಾಟ್ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕಾಲಾವಧಿಯು ಸುಮಾರು 10^{-6} ಸೆಕೆಂಡ್ ಮಾತ್ರ ಇರುವುದು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ವಾಲ್ವ್ (valves) ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಈ ಸ್ಫುರಣಗಳು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಚಾರಮಾಡಿ, ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತು (ವಿಮಾನವಾಗಿರಬಹುದು) ವನ್ನು ತಾಕಿ, ಅಲ್ಲಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗಿ ಮತ್ತೆ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ವಾಪಸ್ ಆಗುತ್ತವೆ. ಇದು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಸಾಗುವುದರಿಂದ, ಅಲೆಗಳು ಹೋಗಿ ಮತ್ತೆ ವಾಪಸಾಗುವ ಒಟ್ಟು ಕಾಲವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿರುವುದು. ಇವುಗಳನ್ನು ಉಲ್ಲೇಖಿಸಿ ಕಾಲಾವಧಿಯನ್ನು ಅಳೆದು, ಅದರ ಮೂಲಕ ದೂರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಹಾಯಕವಾಗುವಂತೆ C.R.O. ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಮೂರು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳು ಇರುತ್ತವೆ.

1. **ಹ್ರಸ್ವ ಅಲೆ ಪ್ರೇಷಕ :** ಅಲೆಗಳ ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಸುಮಾರು 300-10,000 ಮೆಗ ಆವರ್ತಗಳಾಗಿರಬಹುದು. ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 550 ರಿಂದ 10,000 ಆಘಾತಗಳನ್ನು (Pulses) ಕಳುಹಿಸಬಹುದು.

2. **ಏರಿಯಲ್ :** ಇವುಗಳ ಮೂಲಕ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಯಾವ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕಿನ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಯಾದರೂ ಕಳುಹಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ, ಇದನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿಸುವುದರಿಂದ 0°-360° ಆವರ್ತದಲ್ಲಿ ಸ್ಫುರಣಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸಲು ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಸ್ಫುರಣಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಲೂ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

3. **ಹ್ರಸ್ವ-ಅಲೆ ರೇಡಿಯೋ ಗ್ರಾಹಕ ಉಪಕರಣ :** ಇದರಲ್ಲಿ ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಸ್ಫುರಣತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಗುರುತಿಸಲಾಗುವ ರೇಖೆಯ ಮೂಲಕ ದೂರದಲ್ಲಿ ಗುರಿಯ ವಸ್ತುವನ್ನೂ ನೇರವಾಗಿ ಅಳೆದು ತೋರಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. 10^{-6} ಸೆಕೆಂಡ್ ಆವಧಿಯು ಸುಮಾರು 914 ಅಡಿಗಳ ದೂರಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗುತ್ತದೆ.

ಇದರ ಉಪಯೋಗಗಳು ಅಪಾರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ

1. ವಿಮಾನ ಮತ್ತು ಹಡಗುಗಳಲ್ಲಿ ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿ ಇರಬೇಕಾದ ಸಾಧನ. ದೂರದಲ್ಲಿ ಇರಬಹುದಾದ ಪರ್ವತಗಳು, ಗುಡ್ಡಗಳು, ಜಲಾಶಯಗಳು ಮುಂತಾದ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿಯೇ ಅರಿಯುವುದರ ಮೂಲಕ ಸುರಕ್ಷಿತ ಸಂಚಾರಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶವಿದೆ.

2. ಪವನಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ(Meteorology)ಇದು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾದುದು ಹವಾಮುನ್ಸೂಚನೆಗಳನ್ನು ಕೊಡಲು ಅತ್ಯುಪಯುಕ್ತ ಸಾಧನ.

3. ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಖನಿಜಗಳ ಪ್ರದೇಶಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಇದರ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಉಪಯೋಗಗಳು ಇಂದಿನ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿವೆ.

II ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್–ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ (Electron-Microscope)

ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣದೆ ಇರುವ, ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮಪ್ರಮಾಣಗಳುಳ್ಳ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಬೃಹತ್ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸಿ (magnification) ಅವುಗಳ ವಿವರಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುವ ವಿಧಾನವೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್–ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ಮಾಡುವ ಕ್ರಿಯೆಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಸಮೂಹವು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಕಣ್ಣಿಗೆ ಗೋಚರವಾಗುವ ವಸ್ತುಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಸುಮಾರು 0.02 ಸೆಂ. ಮೀ ವರೆಗೆ ಇರಬಹುದು. ವಿಶಿಷ್ಟರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದ (ultra-microscope) ಸುಮಾರು 0,00002 ಸೆಂ. ಮೀ. ಪ್ರಮಾಣದ ವಸ್ತುವನ್ನು ದೃಷ್ಟಿಪಥಕ್ಕೆ ತರಬಹುದು. ಬೆಳಕನ್ನು ಈ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಬೆಳಗಿಸಬೇಕಾಗುವುದರಿಂದ ಅದರ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ (6×10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ.) ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಗೆ ಒಂದು ಕನಿಷ್ಠ ಮಿತಿಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ. ವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರಮಾಣವು ಬೆಳಗಿನ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, ದೃಷ್ಟಿಪಥಕ್ಕೆ ಬೀಳಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಾರದು.

ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಸಮೂಹದ ಉಪಯೋಗವು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅಲೆಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ಆ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ಸುಮಾರು 10^{-8} ಸೆಂ. ಮೀ. ಗೆ ಸಮಾನವಾಗುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ದೃಶ್ಯ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕಿಂತ ಸುಮಾರು 1000 ಪಾಲು ಕಡಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, 1926-27ರಲ್ಲಿ ಜರ್ಮನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಬುಷ್ (Busch) ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮಸೂರಗಳನ್ನು (electron lenses) ನಿರ್ಮಾಣಮಾಡುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಸಂಗಮಗೊಳಿಸುವ (focusing) ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿಯೇ, ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಕಾಂತೀಯ ಸುರಳಿ (magnetic coils) ಗಳ ಮೂಲಕ

ಸಂಗಮಗೊಳಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಗ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇದರಿಂದ 1932ರಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಪ್ರಥಮ ನಿರ್ಮಾಣವಾಯಿತು. ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಈಗ ಬೃಂಹಣ ಗುಣಾಂಕ (magnification) ವನ್ನು 20,000 ಇಂದ 100,000 ವರೆಗ ಏರಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ.

ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ನಾವು ಎರಡು ಅಂಶಗಳನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಡಬೇಕು. (1) ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಪೃಥಕ್ ಕರಣಕ್ರಿಯೆ (High Resolution). ಇದರಿಂದ ವಸ್ತುವಿನ ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಚನೆಯ ವಿವರಗಳು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತವೆ. (2) ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ಹೆಚ್ಚು ವೀಕ್ಷಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (high perceptibility) ವೂ ಇರಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣದ ಸಮೂಹವನ್ನು ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಗಮಗೊಳಿಸುವ ವಿಧಾನವಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಅತಿ ತೀವ್ರಗೊಳಿಸಿ, ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಹೆಚ್ಚು ಕೇಂದ್ರೀಕರಣವು (concentration) ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಕಾಂತೀಯ (magnetic focusing) ಸಂಗಮಗೊಳಿಸುವಿಕೆ ಅಥವಾ ವಿದ್ಯುತ್-ಸಂಗಮಗೊಳಿಸುವಿಕೆ (electro-static) ಯ ವಿಧಾನಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಒಂದರಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವವಿದ್ದರೆ ಇನ್ನೊಂದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವಿರುತ್ತದೆ.

ಆಧುನಿಕ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಸಂಗಮವಿಧಾನವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿ, ಕಾಂತೀಯ ಮಸೂರಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣ ನಾಳಿಕೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ತಂತುವನ್ನು ಕಾಯಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಅದರಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ವಿಸರ್ಜಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. 50,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಇದರ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಕಣಗಳು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಹೊಂದಿ, ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಮಸೂರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುತ್ತವೆ. ಇದು ಕಿರಣಗಳು ಕೇಂದ್ರಿಕರಣವಾಗಿ ಸಂಗ್ರಹವಾಗಲು (Condensed into a concentrated beam) ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ದೃಶ್ಯಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ (optical microscope) ಈ ಕೆಲಸವನ್ನು ಒಂದು ಸಂಗ್ರಾಹಕ ಗಾಜಿನ ಮಸೂರವು ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾದ ಕಣಸಮೂಹವು ನಾವು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾದ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಈ ವಸ್ತುವು ಅತಿ ತೆಳುವಾದ (ಸುಮಾರು 10^{-8} ಸೆಂ. ಮೀ.) ಕಲೋಡಿಯನ್ ಫಿಲ್ಮನಂತಿರಬಹುದು. ಇದರ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದ ಕೆಲವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ತಡೆಯಲ್ಪಟ್ಟು ಉಳಿದುವು ಚದುರಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಒಂದು ಕಾಂತೀಯ ಮಸೂರ (magnetic objective)

lens) ದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಮೊದಲ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಬೃಂಹಣ ಹೊಂದಿದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ, ಇದಾದ ಮೇಲೆ ಕಣಗಳು ಎರಡನೆಯ ಕಾಂತೀಯ ನಿಕ್ಷೇಪ ಮಸೂರದ(magnetic projector lens) ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ, ಮತ್ತೊಂದು ವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದಿದ ಪ್ರಮಾಣದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ, ಇದು ಒಂದು ಸ್ಫುರಣತೆರೆಯ (fluoroscent screen) ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದು ನೇರವಾಗಿ ಸ್ಫುರಣಗಳ ಮೂಲಕ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಛಾಯಾಫಲಕದ ಮೇಲೆಯೂ ಚಿತ್ರದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಉಲ್ಲೇಖವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದರಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕೆಲಸವೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಸಮೂಹವು ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಇಡೀ ಉಪಕರಣವನ್ನು ನಿರ್ವಾತ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಇಡಬೇಕು.

ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಿಂದ ಲಭಿಸುವ ಬೃಂಹಣ ಪ್ರಮಾಣವು ಸುಮಾರು ಹತ್ತು ಲಕ್ಷದಷ್ಟು ಇರುವುದರಿಂದ, ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅನೇಕ ಕೈಗಾರಿಕೆಗಳ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸುವುದಲ್ಲದೆ, ವೈದ್ಯಚಿಕಿತ್ಸೆಯಲ್ಲಿಯೂ ರೋಗಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಪ್ರಾಣಕಾರಕ ಅಣುಗಳು (bacteria and viruses) ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ಒಳಪಡುತ್ತವೆ. ಕ್ರಿಮಿನಾಶಕಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬಹಳ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣು ರಚನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಇದರಿಂದ ಒಳ್ಳೆ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಹೊರಬೀಳುವವು.

III ಅರೆವಾಹಕಗಳು (Semi-conductors)

ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ನಿಸ್ತಂತು ವಾರ್ತಾಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿಯೂ, ಗ್ರಹಣದಲ್ಲಿಯೂ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಾಂತಿಕರವಾದ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಇವೆ. ಹಿಂದೆ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿದ್ದ ವಾಲ್ವ್‌ಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ಅತಿ ಹಗುರ ಮತ್ತು ಸಣ್ಣ ಗಾತ್ರದ ಉಪಕರಣಗಳು ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಅತಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಒಂದು ಕಡೆಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆಗೆ ಒಯ್ಯಬಹುದು (portable sets). ಇವಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದ ಟ್ರಾನ್ಸಿಸ್ಟರ್ (Transistor) ಎಂಬ ಉಪಕರಣವನ್ನು 1948ರಲ್ಲಿ ಅಮೇರಿಕದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ಬಾರ್‌ಡೀನ್, ಷಾಕ್‌ಲೀ ಮತ್ತು ಬ್ರಾಟೇನ್ (Bardeen, Shockley and Bratain) ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಇದರಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಅರೆವಾಹಕ ವಸ್ತುಗಳು ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಮತ್ತು ಸಿಲಿಕಾನ್ (Ge. & Si.)

ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ಲೋಹ ವಸ್ತುಗಳಾದ ತಾಮ್ರ, ಚಿನ್ನ. ಬೆಳ್ಳಿಗಳಿಗೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಅವಾಹಕವಾದ ಪೋರ್ಸ್‌ಲೇನ್, ರಬ್ಬರ್ ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳಿಗೂ

ಮಧ್ಯಸ್ಥವಾಗಿ ಅಲ್ಪ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳಿವೆ. ಈ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ, ಸಿಲಿಕಾನ್ ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಬಹುದು. ಇಂಥ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಕ್ತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬಹಳ ಕಡಮೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಈ ವಿದ್ಯುತ್-ವಾಹಕತ್ವವು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನೂ, ಮತ್ತೊಂದು ವಸ್ತುವನ್ನೂ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಮಿಶ್ರಮಾಡಿ ಇದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಅಶುದ್ಧತೆ (impurity) ಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಉದಾಹರಣೆಯ ಮೂಲಕ ವಿವರಿಸಬಹುದು.

ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಹೊರಗಣ ಕವಚದಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕು ಸಂಯೋಗ ಸಮರ್ಥ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿವೆ (four valence electrons). ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ, ಹರಳಿನ ರೂಪದ ಜಾಲಕದ (crystal lattice) ನಿರ್ಮಾಣದಲ್ಲಿ ಇವು ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಶುದ್ಧವಾದ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕಟ್ಟಡದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿನಿಮಯದಿಂದ ಎಲ್ಲ ಬಂಧನಗಳೂ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ, ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ಕಣಗಳಿಗೆ ಅಭಾವವಿರುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರಿದಾಗ, ಉಷ್ಣದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಕೆಲವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ತಮ್ಮ ಬಂಧನಗಳಿಂದ ಕಳಚಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ಖಾಲಿ ಮಾಡುವ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ರಂಧ್ರಗಳು (holes) ಏರ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ರಂಧ್ರಗಳ ಜೋಡಿಗಳು (electron hole pairs) ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ವಹನಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶವು ಕಲ್ಪಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ, ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಬಾಹ್ಯವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರವು (e.m.f.) ಏರ್ಪಟ್ಟರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಸ್ವಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಸಮೀಪದ ರಂಧ್ರವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸುವ ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಖಾಲಿ ಮಾಡಿದ ಪ್ರದೇಶದ ರಂಧ್ರವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿಯ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಚಲಿಸಿ ಆಕ್ರಮಿಸಿಬಹುದಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ರಂಧ್ರಗಳು ಪಲ್ಲಟವಾಗುವ ಸಂಭವವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಶುದ್ಧ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳೊಡನೆ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಆರ್ಸೆನಿಕ್ (As) ಪರಮಾಣುಗಳು ಸಂಯೋಗವಾಗುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡಿದರೆ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆರ್ಸೆನಿಕ್ ಐದನೆಯ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿರುವುದರಿಂದ ಅದರ ಪರಮಾಣುವಿನ ಹೊರಗಣ ಕವಚದಲ್ಲಿ ಐದು ಸಂಯೋಗ ಸಮರ್ಥ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಸಂಯುಕ್ತ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಆರ್ಸೆನಿಕ್‌ನಿಂದ ಕೆಲವು ಬಿಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ದೊರಕುವಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಆರ್ಸೇನಿಕ್ ದಾನಿ (donor) ಆಗಿ, ಅಶುದ್ಧತೆಯಿಂದ ಕೂಡಿದ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ n-ಮಾದರಿ

(n-type) ಎಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. n-ಎಂದರೆ, ಋಣ (−) ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕಗಳು ಪ್ರಧಾನ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಅಶುದ್ಧತೆಯ ಪ್ರಮಾಣವು ಎಷ್ಟು ಅಲ್ಪವೆಂದರೆ, 10^{13} ಅಥವಾ 10^{14} Ge ಪರಮಾಣುಗಳೊಂದಿಗೆ ಒಂದೇ ಒಂದು As ಪರಮಾಣುವಿನ ಸಂಯೋಗವಿರಬಹುದು. As ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ 5 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇದ್ದು, Ge ನಲ್ಲಿ 4 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿರುವುದರಿಂದ ಒಂದು ಹೆಚ್ಚಳ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಲಭಿಸಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ವಿದ್ಯುತ್‌ವಹನದಲ್ಲಿ ಪಾಲುಗೊಳ್ಳಬಹುದು.

As ಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಅಶುದ್ಧತೆಯನ್ನಾಗಿ ಸಂಯೋಗಗೊಳಿಸಿದರೆ, ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಸಂಯೋಗ ಸಮರ್ಥ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಮೂರು ಮಾತ್ರ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಬಂದು ಸೇರಿಕೊಳ್ಳಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಸಮೀಪದ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನಿಂದಲೇ ಒದಗಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ರಂಧ್ರವು ಏರ್ಪಡುವ ಸಂಭವವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಗ್ಯಾಲಿಯಂ ಗ್ರಾಹಕ (acceptor) ಆಗಿ, ಸಂಯುಕ್ತ Ge ವಸ್ತುವು (p type) p–ಮಾದರಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಹೊರಗಣ e.m.f. ಪ್ರಯೋಗವಾದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್‌ವಹನವು ರಂಧ್ರಗಳ ಪಲ್ಲಟಗಳ ಮೂಲಕ ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ರಂಧ್ರವು + ವಿದ್ಯುತ್ (positive) ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ p-ಮಾದರಿ ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಹೀಗಾಗಿ n ಮತ್ತು p ಮಾದರಿಯ ಅರೆವಾಹಕ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ತಯಾರು ಮಾಡಿ, ಇವುಗಳ ಸಂಧಿ (junctions) ಗಳ ಮೂಲಕ ಅರೆವಾಹಕದ್ವಿಧ್ರುವ (diode) ಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬಹುದು. ಇದನ್ನೇ ಮುಂದುವರೆಸಿ, ತ್ರಿಧ್ರುವ (triode) ಗಳನ್ನು ದ್ವಿಧ್ರುವಗಳ ಸಂಯೋಜನೆಯಿಂದ ನಿರ್ಮಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳನ್ನು ಟ್ರಾನ್‌ಸಿಸ್ಟರ್ (Transistor) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಹಿಂದೆ, ನಿಸ್ತಂತುವಾರ್ತಾ ಪ್ರಸಾರ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಣದಲ್ಲಿ ತ್ರಿಧ್ರುವ ನಾಳಿಕೆಗಳು (Triode valves) ಯಾವ ಪಾತ್ರಗಳನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತವೆಯೋ ಅವುಗಳನ್ನೇ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಗಾತ್ರಾವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ದಕ್ಷತೆಯಿಂದ ಈ ಟ್ರಾನ್‌ಸಿಸ್ಟರ್‌ಗಳು ನಿರ್ವಹಿಸಲು ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಹೊಂದಿವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಹಿಂದಿನ ಕಾಲದ ತ್ರಿಧ್ರುವ ಕವಾಟಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ಬರೀಟ್ರಾನ್‌ಸಿಸ್ಟರ್‌ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಗ್ರಾಹಕ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು (Receiver sets) ನಿರ್ಮಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳು ಎಷ್ಟು ಸಣ್ಣ ಗಾತ್ರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿವೆಯೆಂದರೆ, ಜೇಬುಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ತೋಳುಗಳ ಮೇಲೆಯೂ ಹೊತ್ತುಕೊಂಡು ಹೋಗಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಕೇವಲ 12 ವೋಲ್ಟ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದಿಂದ ಈ ಸೆಟ್‌ಗಳನ್ನು ಕ್ರಿಯೆಗೊಳಿಸಬಹುದು.

ಹೀಗಾಗಿ, ಇವುಗಳ ಬಳಕೆಯು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿ ಎಲ್ಲ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನೇ ಉಂಟುಮಾಡಿದೆ.

ಸೂರ್ಯನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ಸೂರ್ಯ ಶಕ್ತಿ ಕೋಶಗಳು (Solar cells) ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ರಾಕೆಟ್‌ಗಳ ನಿರ್ಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿವೆ.

ಅತಿಹ್ರಸ್ವ (micro-waves) ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಉತ್ತೇಜನಗೊಳಿಸಿ, ಅತಿದುರ್ಬಲ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಕೂಡ (ಅತಿ ದೂರದಿಂದಲೇ, ಪ್ರಸಾರವಾಗಿದ್ದರೂ), ಗುರುತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ಉಪಕರಣಗಳು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಇದೇ 'ಮಾಸರ್' (MASER) ಸಾಧನ. ಇದನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು 1953 ರಲ್ಲಿ ಟೌನ್ಸ್ (Townes) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇದೇ ಉತ್ತೇಜನ ತತ್ತ್ವವನ್ನೇ (Stimulation) ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಗೋಚರವಾಗುವ ದೃಶ್ಯ ಅಲೆಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸತಕ್ಕ ಸಾಧನವು 'ಲಾಸರ್' (LASER). ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಒಂದೇ ತರಂಗಾಂತರದ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಸಂಸಕ್ತಗೊಳಿಸಿ (co-herent) ಅಂಥ ಕಣಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ಪ್ರಬಲ ಶಕ್ತಿಯುತವನ್ನಾಗಿಯೂ, ಅತಿ ಸಂಕುಚಿತ ಮಾರ್ಗ (narrow beam) ದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಂತೆಯೂ ಮಾಡಿದರೆ, ಶಕ್ತಿಕುಂದದೆ ಬಹಳ ದೂರಚಲಿಸುವ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದರ ಮೂಲಕ ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಹೆಚ್ಚು ತರಂಗಾತರದ ಅಲೆಗಳಿಂದ ಅತಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ದೂರ ಪ್ರಸಾರ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯ. ಇದರ ಅಪಾರ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಶಸ್ತ್ರಚಿಕಿತ್ಸೆಯಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಪ್ರಗತಿಯುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ರಾಕೆಟ್. ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹಗಳ ನಿಯಂತ್ರಣ ಮುಂತಾದ ಹಲವಾರು ವ್ಯಾಪಕ ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದ್ದು ಈ 'ಲಾಸರ್' ಸಾಧನದ ಭವಿಷ್ಯವು ಬಹಳ ಆಶಾದಾಯಕವಾಗಿದೆ.

IV ಗಣಕಗಳು (computers)

ಫ್ಯಾರಡೆಯು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರಣೆಯ ತತ್ವದಿಂದ ಕೈಗಾರಿಕೆಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಪಾರವಾದ ಕ್ರಾಂತಿಯುಂಟಾಗಿ ಆಧುನಿಕ ಯಂತ್ರಯುಗವು ಆರಂಭವಾಯಿತು. ಇಂದಿನ ನಾಗರಿಕತೆಯೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಮೋಟಾರ್‌ಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ರೂಪಿತವಾಗಿದೆ. ಇದರ ದೆಸೆಯಿಂದ ಮಾನವನ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗಿರುವ ದೊಡ್ಡ ಉಪಕಾರವೆಂದರೆ, ದೈಹಿಕಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡು ತನ್ನ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಬುದ್ಧಿಶಕ್ತಿಯಿಂದ ವಿನಿಯೋಗ ಮಾಡಿ ಪ್ರಗತಿಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದು.

ಇಂದಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಯುಗದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಕಣಗಳ ಸರ್ವತೋಮುಖದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಿಂದ ಹಲವಾರು ತಾಂತ್ರಿಕ ಸಾಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಗತಿಯುಂಟಾಗಿದೆ. ಎರಡ

ನೆಯ ಕೈಗಾರಿಕಾ ಕ್ರಾಂತಿಯು ಮಾನಸಿಕ ಶ್ರಮವನ್ನು ಕಡಮೆಮಾಡುವ ಉದ್ದೇಶವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಮನುಷ್ಯನ ಮಿದುಳಿನ ಕೆಲವು ಶಕ್ತಿ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಗಳನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸಬಲ್ಲ ಸಾಧನವೆಂದರೆ **'ಗಣಕ'**. ಈ ಗಣಕದಲ್ಲಿ ತಂತಿಗಳು, ಟ್ರಾನ್‌ಸಿಸ್ಟರ್‌ಗಳು, ಕಾಂತಪಟ್ಟಿಗಳು (magnetic tapes) ಕಾಂತಕೋಶಗಳು (magnetic cores) ಇವೇ ಮೊದಲಾದ ಘಟಕಗಳೆಲ್ಲ ಸಂಕಲಿತವಾಗಿವೆ. ಇದನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಯುಗದ ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತ ಸಾಧನೆ ಎನ್ನಬಹುದು.

ಇದರ ಜೋಡಣೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕ್ರಮವಿದೆ. ಈ ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ ಫೀಡಿಂಗ್ (Feeding) ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಬೇಕು. ಇವುಗಳನ್ನು ಅದು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು ಹಲವಾರು ಗಣಿತ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ರಕ್ಷತೆಯಿಂದ ನಿರ್ವಹಿಸಬಲ್ಲುದು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೂಡುವ, ಕಳೆಯುವ, ಗುಣಿಸುವ ಮತ್ತು ಭಾಗಿಸುವ ಪರಿಕರ್ಮಗಳು(operations) ಅಡಗಿವೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಮನುಷ್ಯನಿಂದ ಬಿಡಿಸಲಾಗದ ಜಟಿಲ ಅರೇಖೀಯ ಅವಕಲನ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು (non–linear differential equation)ಬಿಡಿಸಬಲ್ಲ ಕುಶಲತೆಯನ್ನು ಕೂಡ ಯಂತ್ರವು ಹೊಂದಿದೆ. ಬೀಜಗಣಿತದ ಹಲವಾರು ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಪ್ರಕ್ರಮಗಳೂ, ಅವಕಲನ–ಅನುಕಲನ (Differentiation & integration) ಕ್ರಿಯೆಗಳೂ ಇದರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿವೆ. ಈ ಯುಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಮೂರು ಮುಖ್ಯ ಪರಿಕ್ರಮಗಳು ಇವೆ. (1) ಜ್ಞಾಪಕೀಕರಣಸಾಮರ್ಥ್ಯ (Memorizability) (2) ಅಂಕ ಪರಿಕ್ರಮಗಳು. (3) ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ವರ್ಗಾಯಿಸಬಲ್ಲ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ.

ಈ ಎಲ್ಲ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಗಳೂ ಮಾನವನು ಒದಗಿಸುವ ಕ್ರಮ ವಿಧಿಯ (Programme) ಪರಿಣಾಮ. ಮಾನವನು ಮೇಲಿನ ಮೂರು ವಿಧಾನಗಳ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಜರುಗುವಂತೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸರಣಿಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶನವನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು. ಈ ರೀತಿಯಾದ ಮಾನವ–ಯಂತ್ರಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಫಲಿತಾಂಶವಾಗಿ ಗಣಕವು ಅಸಾಧಾರಣವಾದ ಪತಿಭೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಬಲ್ಲದು. ಸಾವಿರಾರು ಜನರು ಹತ್ತಾರು ದಿನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮಾಡಲಾಗದ ಪರಿಶ್ರಮಗಳನ್ನು ಯಂತ್ರವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅತಿದಕ್ಷತೆಯಿಂದ ಸಾಧಿಸುವುದು. ಮನುಷ್ಯನ ಮಿದುಳಿನ ದುಡಿಮೆಯನ್ನು (drudgery) ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಹೋಗಲಾಡಿಸಬಹುದು. ಎಲ್ಲ ಕ್ರಿಯೆಗಳೂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಮೂಲಕವೂ ಸರಳ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗುವುವು. ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳು ಇರುವುವು. (i) ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ರಾಶಿಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಹಂತ ಮತ್ತು (2) ಪೃಥಕ್ಕರಣ ರಾಶಿಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು (Analogue and Digital types).

ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರೆದ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಗಣಕ ಯಂತ್ರಗಳು ಎಲ್ಲ ಮಾದರಿಯ ಸಂಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮೂಲ ಸಾಧನಗಳಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಭಾರತ

ದಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಗಣಕಗಳ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಕೇಂದ್ರವು ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗಿದೆ. 1964ರಲ್ಲಿ (CPC-3600) ಎಂಬ ಮಾದರಿಯು ನಿರ್ಮಿತವಾಯಿತು. ರೈಲ್ವೆಗಳು, ತಪಾಲು ಇಲಾಖೆ, ಇನ್‌ಷ್ಯೂರೆನ್ಸ್ ಸಂಸ್ಥೆ, ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳು, ದೊಡ್ಡ ದೊಡ್ಡ ಕೈಗಾರಿಕೆ ಸಂಸ್ಥೆಗಳು ಮತ್ತು ಕಚೇರಿಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಯಂತ್ರಗಳು ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬಳಕೆಗೆ ಬಂದಿವೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು, ರಾಕೆಟ್ ಉಪಗ್ರಹ ಮುಂತಾದ ಯಾನಗಳಿಗೆ ನಿರ್ದೇಶನಗಳೆಲ್ಲವೂ ಗಣಕ ಯಂತ್ರಗಳಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯ.

ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಮಿದುಳಿನ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಬಹುಭಾಗದ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಗಣಕ ಯಂತ್ರಗಳು ದಕ್ಷತೆಯಿಂದ ನಿರ್ವಹಿಸಬಲ್ಲುವು. ಮಾನವನ ನಿತ್ಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿಯೂ ಸಾಮಾಜಿಕ ವ್ಯವಹಾರಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಇವುಗಳು ನಿರ್ವಹಿಸಬಲ್ಲ ಕೆಲಸಗಳು ಅಪಾರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಜ್ಞಾನಮೀಮಾಂಸೆಯ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಬಿಡಿಸಬಲ್ಲುವು. ಮನಃಶಾಸ್ತ್ರದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಚೋದನೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಅನುಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ (Stimuli and responses) ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಬಹುದು. ಕ್ರೀಡೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು ಮತ್ತು ಮಾದರಿ ನಿರ್ದೇಶನ (Pattern Identification) ಕೂಡ ಇದರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ಒಳಗೊಂಡಿವೆ. ಮನುಷ್ಯನ ಧ್ವನಿಯನ್ನು ಅನುಕರಿಸಿ ಸಂಗೀತವನ್ನು ಹಾಡಬಲ್ಲುದು. ಇಂದಿನ ಜೀವನ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನೇ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿ ಪರಿಹಾರಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಬಲ್ಲ ಏಕೈಕ ಸಾಧನವೆಂದರೆ ಗಣಕಯಂತ್ರ. ಈ ಯಂತ್ರದ ಗುಣಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವಾಗ ನಾವು ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಿಷಯವನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿ ಇಡಬೇಕು. ಯಂತ್ರವು ಮಾನವನ ಮಿದುಳಿನ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿದ್ದು ಅದಕ್ಕೆ ಅಧೀನವಾಗಿ ತನ್ನ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ಅದರ ನಿರ್ದೇಸದಿಂದ ನಿರ್ವಹಿಸಬೇಕೇ ಹೊರತು ಆದಕ್ಕೆ ಎಂದಿಗೂ ಯಜಮಾನನಾಗಲಾರದು. ಅದರ ಕ್ರಿಯೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ನಾವು ಉಣಿಸುವ ಕ್ರಮ ವಿಧಿಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಈ ವಿಧಿಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವವನೇ ಪ್ರಧಾನ ಕರ್ತನಾಗಿರುತ್ತಾನೆ. ಒಂದು ಗಣನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನ ಮಿದುಳು ಸುಮಾರು 100 ರಾಕ್ಷಸ ಗಣಕ ಯಂತ್ರಗಳಿಗಿಂತ ಮಿಗಿಲಾದುದು. ಒಂದೇ ಮಾತಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳಬಹುದಾದರೆ, ಮನುಷ್ಯನು ಚೈತನ್ಯಯುಕ್ತ ಬುದ್ಧಿಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಕ್ತಿ. ಗಣಕವು ಒಂದು ಮಾದರಿಯ ನಿರ್ಜೀವ ಯಂತ್ರ.

ಇದು ಹೇಗಿದ್ದರೂ, ಮಾನವನ ಬುದ್ಧಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಪ್ರಕೃತಿಯ ಮರ್ಮಗಳನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಮೂಲಾಧಾರವಾದ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಮನಗೊಂಡು ಅವುಗಳನ್ನು ಎಷ್ಟರಮಟ್ಟಿಗೆ ನಾವು ನಿತ್ಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿ

ಕೊಂಡು, ನಮ್ಮ ಜೀವನದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಸಂಸ್ಕೃತಿಯನ್ನು ಮೇಲ್ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಏರಿಸಿ ಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಇಂದಿನ ನಾಗರಿಕತೆಯೇ ಸಾಕ್ಷಿ. ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಕಾಂತ್ರಿಕ ಜ್ಞಾನಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರ ಫಲವಾಗಿ ಈ ಪ್ರಗತಿಯು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಜ್ಞಾನವು ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಭಾವಯುತ ವಾದುದು.

10.5. ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ (Electricity from Nuclear Energy).

ಹಿಂದಿನ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಮುಖ್ಯ ಸಾಧನಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಗಳು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕಗಳು. ವಿದ್ಯುತ್ ಜನಕಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ವಿಧಾನಗಳು: ಜಲವಿದ್ಯುತ್ (Hydro-electric) ಮತ್ತು ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುತ್ (Thermal). ಕಾರಾಗಾರ ಕೇಂದ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್-ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದೇ ಮುಖ್ಯ ತತ್ವವಾಗಿದ್ದಿತು.

ಈ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳೂ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಪ್ರಗತಿಯನ್ನೂ ಹೊಂದಿದವು. ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ವಹಿಸುವ ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ನವೀನ ದೃಷ್ಟಿಯೇ ಕಲ್ಪಿತವಾಯಿತು. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು ಅದರ ಬೀಜ ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯದು ಅದರ ಹೊರಗಡೆ ಇರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ. ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ವಿವಿಧ ಗುಣ ಲಕ್ಷಣಗಳ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈಗ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜದ ವಿಷಯವನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಲಾಗಿದೆ. ಪರಮಾಣು ಬೀಜದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮಾದರಿಯ ಕಣಗಳು ಇವೆ. ಇವುಗಳು ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು. ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳು ಜಲಜನದ ಬೀಜದ ರಚನೆಯನ್ನು ಹೋಲುತ್ತವೆ, ಪ್ರೋಟಾನ್ ಒಂದು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ($+e$) ವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಶೂನ್ಯವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳು ಸುಮಾರಾಗಿ ಸಮನಾಗಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಪ್ರೋಟಾನ್

ದ್ರವ್ಯಾಂಶ $= 1.67 \times 10^{-24}$ ಗ್ರಾಂ; ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ $= 1.675 \times 10^{-24}$ ಗ್ರಾಂ (ಸುಮಾರು), ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಏಕಮಾನ = 1 a.m.u. $= 1{\cdot}66 \times 10^{-24}$ ಗ್ರಾಂ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ 1 a. m. u. ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಾಶಗೊಳಿಸಿದರೆ, ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವು 931 MEV. (ಸುಮಾರು)

ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳಿವೆ. ಒಂದು A = ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತೊಂದು Z = ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ

ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವು ನಿರ್ವಿದ್ಯುತ್ ಆಗಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ Z ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ, Z ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳೂ ಇರಬೇಕು.

ಪರಮಾಣು ಬೀಜದಲ್ಲಿ Z ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು (A – Z) ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳೂ ಇರಬೇಕು. ಒಂದೇ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ರಚನೆಯ ಭೇದದಿಂದ, ಎರಡು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಸಮಸ್ಥಾನಿ (Isotopes) ಗಳಿರಬಹುದು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ Z ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಮಾತ್ರ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಉದಾ :

		A	Z (ಪ್ರೋಟಾನ್)	(A – Z) (ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್)	
ಜಲಜನಕ	—$_1H^1$	1	1	0	
	$_1H^2$	2	1	1	ಡ್ಯೂಟೆರಿಯಂ
	$_1H^3$	3	1	2	ಟ್ರೈಟಿಯಂ
ಯುರೇನಿಯಂ	$_{92}u^{235}$	235	92	143	
	$_{92}u^{238}$	238	92	146	

ಇತ್ಯಾದಿ.

ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ (Natural Radio activity) ಯುರೇನಿಯಂ, ಮುಂತಾದ ಭಾರವಸ್ತುಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿಯೂ, α, β, γ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ನಿಕ್ಷೇಪ ಮಾಡುತ್ತಲೇ ಇವೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಬೀಜಗಳ ರಚನೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಪಾಡು ಉಂಟಾಗಿ ಹೊಸ ವಸ್ತುಗಳು ನಿರ್ಮಿತವಾಗುತ್ತವೆ.

ರೇಡಿಯಂ ವಸ್ತುವನ್ನೇ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಒಂದು ವಿಕಿರಣ ವಿಕ್ಷೇಪವಾದರೆ, ಒಂದು ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜ $_2He^4$ ನಿಕ್ಷೇಪವಾದಂತೆ. ಅಂದರೆ,

$$_{88}Ra^{226} \longrightarrow {}_{86}Rn^{222} + {}_2He^4 \qquad 10.16$$

ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ರೇಡಿಯಂ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದಲ್ಲಿ 88ಪ್ರೋಟಾನ್ +138 ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳಿದ್ದು, ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು α ಕಣವು ಹೊರಬಿದ್ದರೆ ಅದರಲ್ಲಿ 2 ಪ್ರೋಟಾನ್, 2 ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಇರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಉಳಿಯುವುದು 86 ಪ್ರೋ +136 ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಅಂದರೆ 222 ಪರಮಾಣು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆಯು Rn. ಇದು ವಸ್ತುಗಳ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಪರಿವರ್ತನೆ.

1919 ರಲ್ಲಿ ರುಥರ್‌ಫರ್ಡ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕರವಾದ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿ ವಸ್ತುಗಳ ಕೃತಕ ಪರಿವರ್ತನೆಗೆ (Artificial Transmutation) ನಿದರ್ಶನ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಸಾರಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಬೀಜಗಳ ಮೇಲೆ, α ಕಣಗಳನ್ನು ಆಘಾತ ಮಾಡಿಸಿದರ ಫಲವಾಗಿ, ಆಮ್ಲಜನಕ ಮತ್ತು ಜಲ ಜನಕಗಳು ಹೊರಬೀಳುವಂತಾಯಿತು. ಇದೊಂದು ನವೀನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವ ಅಂಗಗಳು ಪರಮಾಣುಗಳು ಅಲ್ಲ ಅವುಗಳ ಬೀಜಗಳು. ಇವುಗಳ ಭೇದದಿಂದ ಹೊಸ ವಸ್ತುಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯ ಸಮೀಕರಣವು ಹೀಗಿದೆ.

$$_7N^{14} + {}_2He^4 \longrightarrow {}_8O^{17} + {}_1H^1 \qquad 10.17$$

(ಸಾರಜನಕ + α ಕಣ ——→ ಆಮ್ಲಜನಕ + ಜಲಜನಕ)

ಇದಾದ ನಂತರ ಹಲವಾರು–ನೂರಾರು–ಪರಮಾಣು ಭೇದನಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧ ಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕೃತಕ ವಸ್ತು ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು.

ಪರಮಾಣು ವಿದಲನ (Nuclear Fission)

1939ರಲ್ಲಿ ಆರಂಭಗೊಂಡು ನಡೆದ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಅನಿರೀಕ್ಷಿತ ಘಟನೆ ಉಂಟಾಯಿತು. ಮಂದವೇಗದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಕಣ ವನ್ನು ($_0n^1$) ಯುರೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣುವಿನ ಮೇಲೆ ಆಘಾತ ಮಾಡಿಸುವುದರ ಫಲವಾಗಿ, ದೊಡ್ಡ ಆಸ್ಫೋಟನೆಯು ಸಂಭವಿಸಿ, ಯುರೇನಿಯಂ ಪರಮಾಣುವು ಸುಮಾರು ಸಮಾನ ತೂಕಗಳ ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಅಪಾರ ವೇಗ ದಿಂದ ಹೊರದೂಡುವುದರೊಂದಿಗೆ ಸುಮಾರು ಮೂರು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಇದರ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೇನೆಂದರೆ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಗಾಧವಾದ ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಪರಮಾಣುವು ಭೇದನಗೊಂಡರೆ ಸುಮಾರು 200 MEV ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರದೂಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಭವಕ್ಕೆ ಪರಮಾಣು (ಬೀಜ) ವಿದಲನ (Nuclear Fission) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ

ಪರಮಾಣು ಬೀಜದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ.

ಈ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ಮೂಲ ಕಾರಣಕರ್ತರು ಫರ್ಮಿ, ಹಾನ್, ಮೈಟ್ನರ್ ಮುಂತಾದವರು.

ಯುರೇನಿಯಂನಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ $_{92}u^{235}$ ಸಮಸ್ಥಾನಿಯೇ ಈ ವಿದಲನದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು.

$$_{92}u^{235} + {_0n^1} \longrightarrow {_{56}Ba^{141}} + {_{36}Kr^{92}} + 3\ {_0n^1} + 200\ MEV \qquad 10.18$$

ಇದರ ಅರ್ಥವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. $_{92}u^{235}$ ಪರಮಾಣು ಬೀಜದಲ್ಲಿ 143 n + 92 p ಗಳಿವೆ. (n = ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್; p = ಪ್ರೋಟಾನ್) ಇದನ್ನು 1 ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಘರ್ಷಣೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಆಸ್ಫೋಟನೆಯಾಗಿ ಬೇರಿಯಂ ($_{56}Ba^{141}$) ಮತ್ತು ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್ ($_{36}Kr^{92}$) ಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಮೊತ್ತವು 233 ಆಗಿ, 92 p ಮತ್ತು 141 n ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಉಳಿದ 3 (n) ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಅಪಾರವೇಗದಿಂದ ವಿಸರ್ಜಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಅತಿ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಲೆಕ್ಕಮಾಡಿದರೆ, ಈ ಒಂದು ಆಸ್ಫೋಟನೆಯಿಂದ ಸುಮಾರು **200 MEV** ಪ್ರಮಾಣದ ಅಗಾಧ ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಾನದ ತೂಕವುಳ್ಳ ಸ್ವಲ್ಪ ದ್ರವ್ಯ ಭಾಗವು ನಾಶವಾಗಿರಬೇಕು. ಇದೇ ಪರಮಾಣುಶಕ್ತಿಯ ಗೂಢ ತತ್ವ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹೊರಬಿದ್ದಿದ್ದರಿಂದ, ಇದರ ಫಲವನ್ನು ಪಡೆದು ಶತ್ರುಗಳನ್ನು ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ನಾಶಮಾಡಿ ಯುದ್ಧದ ಅಂತ್ಯವನ್ನು ಕಾಣಬೇಕೆಂಬ ಹಂಬಲವು ಅಮೇರಿಕಾ ದೇಶಕ್ಕೆ ಉಂಟಾಯಿತು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪರಿಶ್ರಮದ ಫಲವಾಗಿ ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಗುಂಡನ್ನು (Atomic bomb) ತಯಾರಿಸಲಾಯಿತು. ಮೇಲೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಪ್ರಯೋಗದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನೇ ಸರಪಳಿಕ್ರಿಯೆಯ (Chain reaction) ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಕಾಲದಲ್ಲಿ 10^{-6} ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಸಾವಿರಾರು ವಿದಲನ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಒಟ್ಟುಗೂಡುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅದರಿಂದ ಬಂದ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಜಪಾನಿನ ಇಡೀ ಪಟ್ಟಣಗಳನ್ನೆಲ್ಲ (ಹಿರೋಷಿಮಾ ಮತ್ತು ನಾಗಸಾಕಿ) ಭಸ್ಮೀಕರಿಸಿದ (1945) ಕರಾಳ ನೆನಪು ಇನ್ನೂ ಎಲ್ಲರನ್ನೂ ಭೀಕರಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ವಿಜ್ಞಾನದಿಂದ ಪಡೆದ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಮಾನವಕುಲದ ನಾಶಕ್ಕೇ ದಾರಿ ಮಾಡಿಕೊಡುವ ಬುದ್ಧಿ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗೆ ಇದೊಂದು ಸಾಕ್ಷಿ ಆಗಿದೆ. ಆದರೆ ಮಾನವನಿಗೆ ಹಸ್ತಗತವಾಗಿರುವ ಈ ಪರಮಾಣುಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿನಾಶಕಾರಕ ಮಾದರಿ

ಯಲ್ಲಿ 1945 ವರ್ಷದಿಂದ ಈಚೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ನಿದರ್ಶನಗಳು ಇಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಪರಮಾಣು ವಿದಲನದಿಂದೆ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಪಾರಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸದ್ವಿನಿಯೋಗ ಮಾಡಿ ಮಾನವನ ಹಿತಕ್ಕಾಗಿಯೇ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಬಹಳ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ನಡೆದಿವೆ. ಇದೊಂದು ಸಂತಸದ ಸಂಗತಿ ಮತ್ತು ಮಾನವನ ವಿವೇಚನೆಗೆ ಒಂದು ಒಳ್ಳೆಯ ನಿದರ್ಶನ.

ಪರಮಾಣು ವಿದಲನದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯು ಬಹುಭಾಗದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣವ ರೂಪದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸರಿಯಾದ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ, ನೀರು ಅಥವಾ ಇತರ ದ್ರವರೂಪದ ವಸ್ತುಗಳು ಹೀರುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಮುಂದಕ್ಕೆ ಅದನ್ನೇ ಟರ್ಬೀನ್ ಮುಂತಾದ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಭ್ರಮಣಗೊಳಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಜನಕ ಯಂತ್ರಗಳ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಬಹಳ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಪ್ರಪಂಚದ ನಾನಾಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆದಿವೆ. ಭಾರತದಲ್ಲಿಯೂ ಬೊಂಬಾಯಿ, ರಾಜಾಸ್ತಾನ್ ಮತ್ತು ಮದ್ರಾಸ್ ರಾಜ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಥ ಯಂತ್ರಗಳ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಿ ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೆ ವಿನಿಯೋಗಿಸುವ ಯೋಜನೆಗಳಿವೆ. ಮುಂದಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಇದೇ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿ ಬಳಸಲ್ಪಡುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಪ್ರಧಾನ ವಿಧಾನವಾಗುತ್ತದೆ. ತೈಲನಿಕ್ಷೇಪ, ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು ಮುಂತಾದ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳು ಕ್ಷಯಿಸುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ, ಪರಮಾಣುಶಕ್ತಿಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಉಜ್ವಲ ಭವಿಷ್ಯವಿದೆ. ಮೋಟಾರ್‌ವಾಹನಗಳು, ಹಡಗುಗಳು, ವಿಮಾನಗಳು ಮುಂತಾದ ಸಾಧನೆಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಈ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಕಾಲವು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತಿದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾನವನ ಹಿತಕ್ಕಾಗಿಯೇ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಯಂತ್ರಗಳಿಗೆ ಬೀಜಕ್ರಿಯಶಾಕಾರಿಗಳು (Nuclear Reactors) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇವುಗಳಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಮತ್ತೊಂದು ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ಪ್ರಯೋಗವೆಂದರೆ ರೇಡಿಯೋ ಐಸೋಟೋಪುಗಳ (Radio-isotopes) ಉತ್ಪತ್ತಿ. ಇವುಗಳ ಪ್ರಭಾವ ಮತ್ತು ಉಪಯುಕ್ತತೆಯು ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ವೈದ್ಯಕೀಯ ಮತ್ತು ಕೈಗಾರಿಕಾ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆ.

ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಪರಮಾಣು ವಿದಲನದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾರಕವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಮಾನವನ ಕಲ್ಯಾಣಕ್ಕಾಗಿಯೂ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಎರಡು ಮಾರ್ಗಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮಾನವನು ತನ್ನ ವಿವೇಚನಾಶಕ್ತಿಯನ್ನು

ಸರಿಯಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಮೊದಲನೆಯ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ತೊಡೆದುಹಾಕಿ, ಎರಡನೆಯ ಮಾರ್ಗವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸುತ್ತಾ ಹೋಗುವನೆಂದು ಹಾರೈಸೋಣ.

10·6 ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಜ್ಞಾನ

ಇದುವರೆವಿಗೂ, ಮೊದಲಿನ ಒಂಬತ್ತು ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ "ವಿದ್ಯುತ್-ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕಾಂತಶಕ್ತಿ"ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಲಾಯಿತು. ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಡಿಗ್ರಿ ತರಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಸಹಾಯವಾಗುವಂತೆ ಪಠ್ಯಕ್ರಮದಲ್ಲಿ (Syllabus) ನಮೂದಾಗಿರುವ ಎಲ್ಲ ಭಾಗಗಳನ್ನೂ ಸಾಕಷ್ಟು ವಿವರವಾಗಿ ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇವು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದವರೆಗೆ ತಿಳಿಯಲಾಗಿದ್ದ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿವೆ. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಈಗಿನ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ನಡೆದಿರುವ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಒಂದು ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿವೆ ಮತ್ತು ನಮ್ಮ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಒಂದು ನವೀನ ರೂಪವನ್ನೇ ತಂದಿವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು "ಆಧುನಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ", "ಪರಮಾಣು ರಚನೆ" ಮತ್ತು "ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿ" ಮುಂತಾದ ಮುಖ್ಯ ಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಭಾಗ ಮಾಡಿ, ಅವುಗಳಿಗಾಗಿಯೇ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಪಠ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಮೀಸಲಾಗಿ ಇಡಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಬೇರೆ ಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿ, ಪ್ರಕಟಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಹೀಗಾದರೂ ಇವುಗಳನ್ನು ಅತಿ ಸ್ಥೂಲ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಮಾಡಿ, ಕೊನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳ ನಿರೂಪಣೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಅವಕಾಶ ಮಾಡಿಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದ, ಮೂಲಶಾಖೆಯಾದ "ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕಾಂತಶಕ್ತಿ" ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಪೂರ್ಣತ್ವದ ಸೂಚನೆಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಪ್ರಯತ್ನಮಾಡಲಾಗಿದೆ.

ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಮಾನವನ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 16ನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಆರಂಭವಾದ ನವೀನ ವಿಜ್ಞಾನ ಯುಗವು ಸುಮಾರು ನಾಲ್ಕು ಶತಮಾನಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅಪಾರವಾದ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡಿದೆ. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿಯೇ, ಸಂಗ್ರಹವಾಗಿರುವ ಜ್ಞಾನ ಭಂಡಾರವೇ ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ಶಾಖೆಗಳಿಗೂ ಮಾರ್ಗದರ್ಶಕವಾಗಿದೆ. ವಸ್ತು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ಎಂಬ ಎರಡರ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವವನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಅವುಗಳೆರಡದ ಸಮಾನ ರಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿ ಪರಸ್ಪರ ಪರಿವರ್ತನೀಯವಾಗಿವೆ ಎಂಬ ಫಲಿತಾಂಶವು ಮೊಲಧ್ಯೇಯವನ್ನೇ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಾಧಿಸಿದಂತಾಗಿದೆ. ಇಷ್ಟು ಗಣನೀಯವಾದ ಪರಿಣಾಮಗಳು ಆಗಲು, ವಿಜ್ಞಾನಮಾರ್ಗ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆಯೇ ತತ್ವಗಳ ಬೆಲೆಯು ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಮೂಲ ಕಲ್ಪನೆಗಳು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದುವು.

ಜೀವಶಾಸ್ತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ವೈದ್ಯಕೀಯಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿಯೂ, ಮಾನವನ ದೇಹ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿಯೂ ಉಂಟಾಗಿರುವ ಪ್ರಗತಿಯೆಲ್ಲ ಈ ವಿಜ್ಞಾನದ ಹಾದಿಗೆ ಒಂದು ನಿದರ್ಶನ.

ಸಾಮಾಜಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿಯೂ, ಮಾನವೀಯ ಶಾಸ್ತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ (humanities) ಇದೇ ವಿಧವಾದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯು ವಿಸ್ತರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿದೆ. ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ತೊಡಕು ಏನೆಂದರೆ, ಮಾನವನ ಬುದ್ಧಿಯ ಚಂಚಲತೆಯು ನಿಯಮಬದ್ಧವಾಗಿರುವುದು ಸಹಜವಲ್ಲ. ಆದರೂ ಮನಃಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿಯೂ, ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕವ್ಯಕ್ತ ಜೀವಶಾಸ್ತ್ರ (Psychology and Micro-biology) ದಲ್ಲಿಯೂ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆಯಬೇಕಾಗಿದೆ. ಮನುಷ್ಯನ ಮಿದುಳಿನ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿಯೂ, ಜೀವಕೋಶಗಳ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿಯೂ ನಮ್ಮ ಈಗಿನ ಜ್ಞಾನ ಇನ್ನೂ ಶೈಶವಾವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಇದೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇವುಗಳ ಪ್ರಗತಿಯು ಕೆಲವು ಮೂಲಸಮಸ್ಯೆಗಳಿಗೆ ಪರಿಹಾರವನ್ನು ಕೊಡಬಲ್ಲವು. ಇಂದಿನ ನಾಗರಿಕತೆ ಮತ್ತು ಸಂಸ್ಕೃತಿಗಳು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ರೂಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ ಎಂದರೆ ತಪ್ಪಾಗಲಾರದು. ಹಿಂದೆ ಎಂದೂ ಕಲ್ಪನೆಗಳಿಗೆ ಕೂಡ ಅಸಾಧ್ಯವೆಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದ ವಿಷಯಗಳೆಲ್ಲ ಈಗ ಮಾಮೂಲಾಗಿವೆ. ಇಡೀ ಜಗತ್ತು ಸಂಕುಚಿತವಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಸಂಪರ್ಕದ ಮೂಲಕ ಸಣ್ಣ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತಿದೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ವಿಜ್ಞಾನವು ವಿಸ್ತರಿಸಲ್ಪಟ್ಟು, ಮಾನವನು ಚಂದ್ರನನ್ನು ಮುಟ್ಟಿ ವಾಪಸ್ ಬರುವುದು ಅತಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಕೆಲಸವಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಿದೆ. ಶುಕ್ರ, ಗುರು, ಶನಿ ಮುಂತಾದ ಗ್ರಹಗಳೊಡನೆ ಸಂಪರ್ಕಹೊಂದಿ ಅಲ್ಲಿಯ ಸ್ಥಾನಮಾನಗಳನ್ನು ಅರಿಯಲು ಅವಕಾಶವಾಗಿದೆ. ಮುಂದಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಈ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಗತಿಯು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಇಷ್ಟೆಲ್ಲ ಆದರೂ, ಮಾನವನು ತನ್ನ ಜೀವನವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸಾರ್ಥಕಗೊಳಿಸಿದ್ದಾನೆ ಎಂದು ಹೇಳುವ ಹಾಗಿಲ್ಲ. ನಮ್ಮ ನಿತ್ಯ ಜೀವನದ ವಿವಿಧ ಅನುಭವಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಸಮಗ್ರವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಬಹುದೊಡ್ಡ ಭಾಗವು ವಿಜ್ಞಾನದ ಮಾರ್ಗಕ್ಕೆ ಸಿಲುಕದಂತೆ ಇದೆ. ಅಂದರೆ, ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಿಗೆ ಅನರ್ಹವಾದುವು. ಮನುಷ್ಯನ ಭಾವಗಳು, ಮತ್ತು ಮಾನಸಿಕ ವ್ಯಾಪಾರಗಳು ಎಲ್ಲ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ದ್ವೇಷ, ಅಸೂಯೆ, ಅನುಕಂಪ, ಸುಖ, ದುಃಖ ಮುಂತಾದ ಪ್ರವೃತ್ತಿಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆದರೂ, ಅವುಗಳ ಪ್ರಭಾವವು ನಮ್ಮ ನಿತ್ಯಜೀವನದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಮನುಷ್ಯನು ತನ್ನಂತೆಯೇ ಇರುವ ಇತರರೊಡನೆ ಯಾವ ವಿಧದಲ್ಲಿ ಪ್ರವರ್ತಿಸಿ, ಸಮಾಜವನ್ನು ಕಟ್ಟಬೇಕು ಎಂಬ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಗತಿ ಆಗಿಲ್ಲ. ಕೇವಲ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪ್ರಗತಿಯು ಆ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ

ಯನ್ನು ಕೊಡಲಾರದು ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೇ, ಮಾನವನು ವೈಜ್ಞಾನಿಕವಾಗಿ ಪಡೆದಿರುವ ಜ್ಞಾನದೊಂದಿಗೆ ಮತ್ತೊಂದು ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಯೂ ತನ್ನ ಶೀಲವನ್ನೂ, ನಡವಳಿಕೆಗಳನ್ನೂ ಹದಗೊಳಿಸುವ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಗದರ್ಶನವನ್ನು ಕೊಡತಕ್ಕ ಜ್ಞಾನ ಭಾಗವು ಕೇವಲ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಹಾದಿಯ ಮಿತಿಗೆ ಮೀರಿದುದು. ಇದನ್ನೇ ಕೆಲವರು ನಿಜವಾದ ಜ್ಞಾನವೆಂದು ತಿಳಿದು ಮಾನವನ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಮೇಧಾವಿಗಳು ಜ್ಞಾನಮೀಮಾಂಸೆಗಳನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸಲು ಉದ್ಯುಕ್ತರಾಗಿ ಕಾಲಕಾಲಕ್ಕೆ ಮಾರ್ಗದರ್ಶನಗಳನ್ನು ತಮ್ಮ ತತ್ವಗಳ ಮೂಲಕ ಕೊಡುತ್ತ ಬಂದಿದಾರೆ. ಈಗಲೂ, ಲಕ್ಷಾಂತರ ಜನರು ಈ ಮಾರ್ಗಗಳು ತಮಗೆ ಹಿತವನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡುವುದೆಂಬ ನಂಬಿಕೆಯಿಂದ ಅನುಸರಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕೂಡ ಮಾನವನ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಜ್ಞಾನದ ಪೂರ್ಣತೆಗೆ ನಾವು ತಿಳಿದಿರುವ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಹಾದಿಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿಜ್ಞಾನವು ಸಾಲದು ಎಂಬ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಸಮಗ್ರ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದೇವೆ ಎಂಬ ಸಂತೃಪ್ತ ಮನೋಭಾವವನ್ನು ಹೊಂದಬೇಕಾದರೆ, ಮಾನವನು ತನ್ನ ಸುತ್ತಲೂ ಆವರಿಸಿರುವ ಭೌತ ಪ್ರಪಂಚದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ತನ್ನ ಸ್ವಂತವ್ಯಕ್ತಿತ್ವ (about himself)ದ ವಿಷಯದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಪ್ರಯತ್ನಮಾಡುವುದು ಅವಶ್ಯಕ.

ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಲ್ಲಿ (ಮಾನವನೂ ಇದಕ್ಕೆ ಹೊರತಲ್ಲ!) 'ಹೇಗೆ' ಎಂಬ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸುವುದರ ಜೊತೆಗೆ 'ಏಕೆ' ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಎದುರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡಬೇಕು. ದೂರದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಮಿನುಗುವಂತೆ ಕಂಡು, ಅದನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತ ಹೋದಹಾಗೆಲ್ಲ ಅದು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯುವಂತೆ ಅನುಭವವಿದ್ದರೂ, ಆ ಪ್ರಯತ್ನವೇ ಒಂದು ಉತ್ಸಾಹವನ್ನು ಹುರುಪನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ. ಒಂದು ನಿದರ್ಶನವನ್ನು ಕೊಡಬಹುದಾದರೆ, ನಿರಪೇಕ್ಷಕ ಶೂನ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ (Absolute zero) ವನ್ನು ಮುಟ್ಟಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲವೆಂದೂ ತಿಳಿಯಲಾಗಿತ್ತು. ಹಲವಾರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸತತ ಪರಿಶ್ರಮಗಳಿಂದ ನಿರಪೇಕ್ಷಕ ಶೂನ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಸಾಧಿಸಬಹುದಾದ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅಂತರವನ್ನು ಕಡಮೆಮಾಡುವ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಉದ್ಯುಕ್ತರಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದಿಂದ ವಿಶ್ವವು ವಿಸ್ತರಿತ್ತಲೇ ಇದೆ ಎಂಬ ವಾದವೂ ಇದೆ. ಎತ್ತ, ಗುರಿ ಏನು? ಎಂಬ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಸಾಹ ಇದ್ದೇ ಇದೆ.

ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಮಾನವನು ಬಗೆಹರಿಸಬೇಕಾದ ವಿಷಯಗಳು ಹಲವಾರು ಇದ್ದು, ಪ್ರಗತಿಯ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಹೊಸ ಸಮಸ್ಯೆಗಳೂ ಉದ್ಭವವಾಗುತ್ತಲೇ

ಇವೆ. ಆದರೆ, ಇವುಗಳ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಮಾನವನಿಗೆ ಒಂದು ನಂಬಿಕೆ ಮತ್ತು ಗುರಿ ಸಾಧನೆಯಲ್ಲಿ ಇರಬೇಕಾದ ಶ್ರದ್ಧೆಯು ಇರಬೇಕು. ಪ್ರಕೃತಿಯು ಇದುವರೆವಿಗೂ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿರುವ ಅನೇಕ ಬಾಹ್ಯಭಿನ್ನತೆಗಳ ಹಿಂದೆ ಒಂದು ಸರಳ ಐಕ್ಯತೆ ಇರಬೇಕೆಂಬ ಕಲ್ಪನೆಯು ಹಲವಾರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮತ್ತು ಇತರ ಮೇಧಾವಿಗಳ ನಂಬಿಕೆ. ಎಲ್ಲಕೂ ಕಾರಣಭೂತವಾದ ಒಂದು ಆದಿಶಕ್ತಿಯು ಇರಬಹುದೆಂದೂ, ಅಂತಿಮ ಸತ್ಯ (ultimate reality) ವೇ ಪರಮ ಗುರಿಯಾಗಿರಬೇಕೆಂದೂ ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿ ಅದರ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ನಮ್ಮ ಪ್ರಗತಿಯನ್ನು ರೂಪಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಜ್ಞಾನಗಳ ಸಂಗಮವಾಗಬಹುದು.

''ಯೋಽಂತಃಪ್ರವಿಶ್ಯ ಮಮವಾಚಮಿಮಾಂ ಪ್ರಸುಪ್ತಾಂ
ಸಂಜೀವಯತ್ಯಖಿಲ ಶಕ್ತಿಧರಸ್ವಧಾಮ್ನಾ !
ಅನ್ಯಾಂಶ್ಚ ಹಸ್ತಚರಣಶ್ರವಣತ್ವಗಾದೀನ್
ಪ್ರಾಣಾನ್‌ನಮೋಭಗವತೇ ಪುರುಷಾಯತುಭ್ಯಂ ॥

ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಕುರಿತ ನಮ್ಮ ಪ್ರಕಟಣೆಗಳು

1.	ಪ್ರಿಯೂನಿವರ್ಸಿಟಿ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ	...	ಬಿ. ವಿ. ನಾರಾಯಣರಾವ್
2.	ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ	...	ವಿ. ಚೆಲುವರಾಜ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್
3.	ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ	...	ಹೆಚ್. ಡಿ. ಶಿದ್ದರಂಗಪ್ಪ
4.	ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಅದರ ರಚನೆ	...	ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್
5.	ಪರಮಾಣು ಕೇಂದ್ರ ಮತ್ತು ಅದರ ಶಕ್ತಿ	...	ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್
6.	ಧ್ವನಿ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ	...	ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್
7.	ಪ್ರಿಯೂನಿವರ್ಸಿಟಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ	...	ಬಿ. ವಿ. ನಾರಾಯಣರಾವ್
8.	ಸಾಮಾನ್ಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ಜಡವಸ್ತುವಿನ ಗುಣಗಳು	...	ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್
9.	ಆಧುನಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ರೂಪರೇಖೆಗಳು	...	ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್
10.	ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಅದರ ಸ್ವರೂಪ	...	ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್
11.	ಕ್ವಾಂಟಮ್ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ	...	ಹೆಚ್. ವಿ. ಶ್ರೀರಂಗರಾಜು
12.	ಉಷ್ಣ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣ ಬಲಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರ	...	ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್
13.	ದೃಢಚಲನೆ	...	ಜಿ. ಟಿ. ನಾರಾಯಣರಾವ್